
Regulación Ambiental: Principales Incentivos Económicos.

5.1. Introducción

En el capítulo anterior estudiamos el problema de las fallas de mercado y la ineficiencia en la asignación de los recursos naturales y ambientales que esto genera. Vimos que bajo condiciones normales, los mercados son incapaces de solucionar el problema de las externalidades ambientales, debido a que estos no pueden ofrecer un sistema de precios que brinde las señales correctas sobre la verdadera escasez del recurso. ***La principal consecuencia de este resultado es que las soluciones privadas que brinden los agentes económicos al problema de la contaminación, serán siempre diferentes a las soluciones óptimas sociales de reducción de la contaminación.*** Este problema en el capítulo anterior fue visto como un conflicto entre óptimos privados y óptimos sociales.

La diferencia entre las preferencias privadas (óptimo privado) y sociales (óptimo social) llevará siempre a que exista un incentivo para evadir la regulación de la contaminación. Esto debido fundamentalmente a que, bajo la solución socialmente óptima, el agente privado no maximiza sus beneficios individuales. Este problema se verá acrecentado cuando las soluciones de reducción de la contaminación son tomadas por los agentes económicos bajo esquemas de soluciones no cooperativas. Además, se pueden presentar problemas en la concertación de una solución óptima social al problema de la contaminación, entre las entidades reguladoras (el Gobierno), la comunidad regulada (las empresas contaminadoras) y las víctimas del daño (la población afectada por la contaminación).

Una posible solución a este problema es la generación de incentivos económicos que permitan incrementar los costos de evasión de la contaminación a un grado tal que los agentes económicos no tengan incentivos para evadir la regulación de la contaminación. ***Por lo tanto, una de las tareas de los incentivos económicos es buscar alterar la estrategia de contaminación de los productores.***

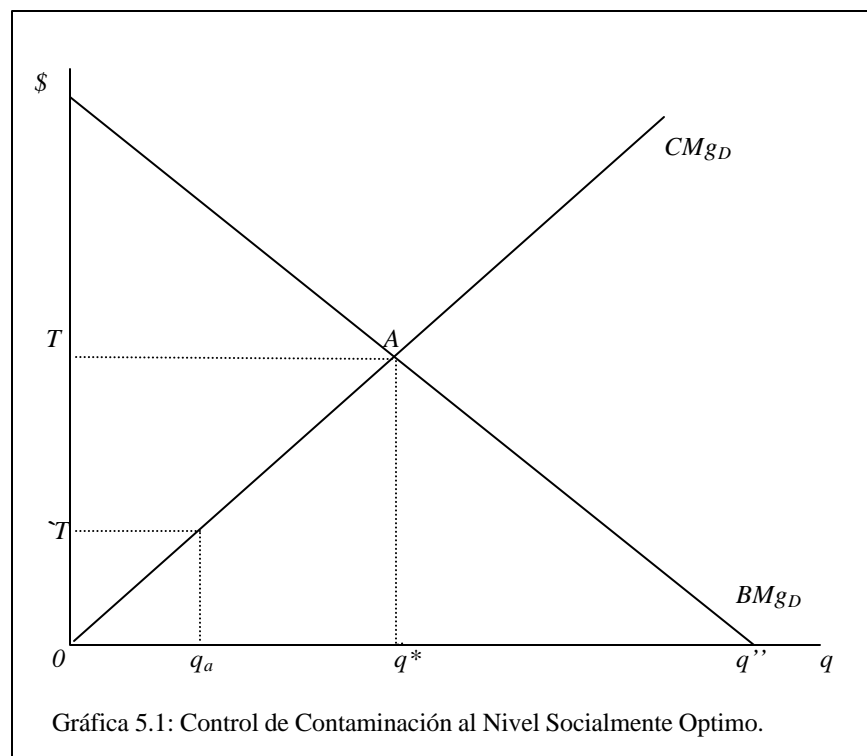
Hanley, Shogren y White (1998), ***opinan que la base de los incentivos económicos es aumentar los costos de evadir el control de la contaminación bajo un escenario de flexibilidad que deje abierta la posibilidad de que el agente contaminador tome decisiones***

que impliquen un mínimo costo de ejecución. Estos autores clasifican los incentivos económicos en tres amplias categorías:

1. **Racionamientos Vía Precios:** Estos incentivos buscan incrementar los costos de evasión a la regulación ambiental mediante la imposición de impuestos, impuestos o subsidios que modifican directamente el comportamiento del agente contaminador. Un ejemplo de este tipo de incentivo son los impuestos cargados a las empresas por sus afluentes de contaminantes a cuerpos de agua.

2. **Racionamiento Vía Cantidades:** Es un incentivo económico que busca obtener un nivel de contaminación aceptable mediante la asignación de permisos mercadeables para la contaminación. Este mecanismo permite incentivar a los productores con menores costos de descontaminación a reducir la contaminación por encima de sus obligaciones, ya que con esto tienen la posibilidad de vender el excedente (permisos) a las empresas con mayores costos de descontaminación. Las ganancias sociales derivadas de la ejecución de instrumentos de este tipo son positivas debido a que la sociedad puede aprovechar las ventajas comparativas de las empresas, en términos de sus costos de descontaminación.

3. **Reglas de Responsabilidad:** Son un conjunto de reglas que contienen una serie de esquemas de incentivos económicos tales como depósitos reembolsables y multas por no-cumplimiento, que son socialmente aceptables y que buscan generar un comportamiento más responsable de los agentes contaminadores.



La gráfica 5.1. presenta los costos marginales (CMg_D) y los beneficios marginales (BMg_D) derivados del control de la contaminación. Las letras, T y \bar{T} representan diferentes valores de tarifas o impuestos por contaminación referenciados para los niveles de control q_a y q^* , respectivamente. El nivel de control q_a representa un menor nivel de reducción de contaminación que el representado por q^* . La pendiente positiva de la curva de costos marginales de reducción implica que los costos de control⁸⁶ aumentan a una tasa creciente, a medida que se incrementan los niveles de reducción.

Esto se debe a que a mayor calidad ambiental, los costos marginales de descontaminar la última unidad de q serían los mayores. Los mayores costos marginales de descontaminación se tendrían en q'' de la gráfica 5.1. Por otra parte, la pendiente negativa de la curva de beneficios marginales (BMg) implica que los beneficios del control de la contaminación se incrementan a una tasa decreciente, a medida que el control provee menos y menos beneficios marginales para la sociedad. Note que en q'' , los beneficios marginales de reducción de contaminación son iguales a cero, cumpliéndose de esta manera lo anteriormente dicho.

El nivel socialmente óptimo de control de contaminación es el punto A. En este punto los $BMg = CMg = T$, indicando el punto que maximiza los beneficios para la sociedad. El nivel óptimo social de calidad ambiental, en este caso representado por q^* , es un nivel de descontaminación eficiente ya que en este punto los beneficios marginales de reducción (BMg_D) son iguales a los costos marginales de reducción (CMg_D). Mientras esta solución claramente beneficia a la sociedad, para el agente contaminador no es bueno. Bajo esta solución, la empresa contaminadora no maximiza sus ganancias netas.

Por consiguiente, el agente contaminador no tendrá incentivos para invertir en descontaminación y llegar hasta el punto óptimo social. Dicho agente tendría un mayor beneficio si solo reduce hasta un nivel q_a , lo cual equivaldría a un pago marginal \bar{T} .

Hasta este punto tenemos que reconocer que la evasión de los controles ambientales representa un serio problema a la hora de hacer regulación ambiental. Esto debido a que detrás de la evasión existe un incentivo de mayores niveles de ganancias para las empresas contaminadoras. Por lo tanto, si queremos ser exitosos en el diseño de políticas de regulación ambiental debemos partir del siguiente hecho:

El agente contaminador pagará la tarifa cobrada por el ente regulador, cuando esta se encuentre por debajo del costo marginal de reducción, ó invertirá en el control de la contaminación, cuando los costos marginales de reducción estén por encima de la tarifa cobrada por el ente regulador.

⁸⁶ Los costos de control o costos de reducción son aquellos que se generan al disminuir o reducir la cantidad de contaminantes del ambiente.

Como se puede ver, la elección entre las dos alternativas depende directamente del costo que cada una implica. Si los costos marginales de control de la contaminación son mayores que el pago de la tarifa por unidad de contaminante emitido, el productor decidirá pagar la tarifa y no descontaminar, ya que con esto minimiza los costos de la regulación ambiental. Si sucede lo contrario, el productor preferirá invertir en descontaminación y no pagar la tarifa, para así recibir mayores beneficios financieros al reducir sus costos de regulación. ***Por consiguiente, el productor no tendrá incentivos a elegir cualquiera de estas dos estrategias para su propio beneficio sino cuando estas dos medidas sean iguales, ($CMg = T$)***. Un impuesto de este tipo es llamado impuesto Pigouviano. Este nombre en honor a Pigou (1932) quien fue el primer economista en proponer el asignar un precio a la externalidad para internalizar los costos de la contaminación y así llegar a una solución socialmente óptima.

La situación presentada en la gráfica 5.1 se puede utilizar también para hacer el análisis de pagos actuales. En esta gráfica, se muestra el caso en que la tarifa socialmente óptima (T) es mayor que la tarifa actualmente cobrada (\bar{T}). Si esto pasa, el productor nunca invertirá en descontaminación y tendremos un nivel de descontaminación por debajo del requerido por la sociedad. Al respecto, O'Conner (1993), Klarer (1994) y OECD (1994), afirman que este tipo de incentivo (un \bar{T} por debajo del T) más que generar eficiencia económica en el control de la contaminación, es un magnifico instrumento para el recaudo de recursos financieros provenientes de la regulación ambiental.

Respecto a la aplicabilidad de los incentivos económicos para el control de la contaminación podemos decir que ***la principal dificultad para hacer operativos estos mecanismos es la falta de información sobre los niveles de contaminación emitidos por la comunidad regulada y la imposibilidad de estimar los daños producidos por la contaminación***. Todo esto conlleva a la imposibilidad de alcanzar un nivel de contaminación socialmente óptima. La magnitud de esta ineficiencia depende de que tan grave sea el problema de asimetría de información para el regulador, en términos de costos marginales y beneficios marginales de reducción de contaminación. ***Cuando la entidad reguladora no tiene información sobre los agentes contaminadores tanto puntuales como no puntuales, estos alteran sus estrategias de descontaminación con miras a evadir los costos de la regulación ambiental***. Como consecuencia de esto, el nivel de contaminantes emitido es mayor al requerido en el óptimo social y el daño ambiental se dispara inevitablemente.

Crocker (1984) sugiere que este problema se origina cuando los productores generadores de contaminación tienen información sobre sus costos de control de contaminación, lo cuál les ayuda a elegir su estrategia de control. Si el regulador no cuenta con esta información, los agentes contaminadores pueden tomar ventaja de esta asimetría en la información para descontaminar menos y obtener beneficios adicionales al evadir la regulación ambiental. Hanley, Shogren y White (1997), afirman que la asimetría en la información, en la forma de

daños morales o de selección adversa⁸⁷, juega un importante papel en el diseño, ejecución y éxito de los incentivos económicos.

Por consiguiente, a la hora de diseñar una esquema de incentivos económicos para el control de la contaminación, se debe tener en cuenta las restricciones de información como una de las principales limitantes que puede atentar contra el éxito de este sistema.

Shortle y Dunn (1986) y Rusell y Shogren (1993), afirman que problemas de ***ineficiencia en la regulación de la contaminación se incrementan cuando el agente regulador tiene que monitorear múltiples fuentes con emisiones de contaminantes de forma difusa***, en este caso la efectividad de la regulación tiene una probabilidad muy baja de que llegue a cumplirse. Lewis (1996) al respecto, menciona que en presencia de problemas de información asimétrica el regulador ***puede pensar en la posibilidad de combinar sistemas de incentivos económicos con restricciones tecnológicas para alcanzar un nivel de efectividad y eficiencia mayor en el control de la contaminación.***

De todo esto, podemos concluir que en presencia de información asimétrica, lo cual puede originar problemas de daños morales o de selección adversa, el agente generador de la contaminación siempre tendrá un incentivo para evadir los costos de la regulación ambiental puesto que tal comportamiento implicará siempre la obtención de beneficios adicionales. Si el regulador logra minimizar los inconvenientes de la asimetría en la información, evitará que se reduzca la contaminación muy por debajo del nivel óptimo social, buscando así alcanzar un nivel de reducción muy cercano al nivel de reducción socialmente óptimo.

5.2. Racionamiento Vía Precios.

La filosofía de este incentivo radica en un impuesto que representa una suma de dinero adicional por unidad de contaminante vertido por los agentes contaminadores. Este valor será gravado a las empresas generadoras de contaminantes que sobrepasen los estándares globales de emisiones al ambiente establecidos para una región o la imposición de una impuesto por unidad de bien producido. Estos incentivos los podemos clasificar en impuestos o impuesto por unidad de emisión, impuestos por unidad de contaminante emitido al medio ambiente, impuestos al producto y subsidios.

⁸⁷ Un daño moral existe cuando un regulador no puede observar las acciones de un productor emisor de contaminación, mientras que la selección adversa implica que el regulador no puede identificar el tipo o características del productor emisor de contaminación, es decir, el regulador no sabe si el agente contaminador tiene altos o bajos costos de control de la contaminación.

5.2.1. Impuestos o Impuestos por Unidad de Emisión.

Los impuestos a emisiones representan la imposición de costos por descargas de contaminantes al aire, al agua, al suelo y por la generación de ruido. Estos impuestos son diseñados para reducir la cantidad de contaminantes o mejorar la calidad del ambiente, gracias a que los productores generadores de la contaminación asumen por lo menos una parte de los costos totales generados por la contaminación. ***Pigou citado en Baumol y Oates (1988), menciona que muchos economistas prefieren los impuestos por emisión por sobre todas las otras acciones, debido a que la imposición de este impuesto por unidad de contaminante emitido al ambiente induce a los productores a bajar su nivel de emisiones hasta un punto en que los costos incrementales de control de la contaminación son iguales a los impuestos por emisión.***

Debido a que por lo general los costos de control de la contaminación difieren entre los diferentes productores generadores de contaminación, aquellos con menores costos de reducción debieran reducir sus niveles de emisión en un nivel mayor a los que tienen mayores costos de reducción de la contaminación.

Por lo tanto, los impuestos a emisiones dan un incentivo a los productores generadores de contaminación a desarrollar, mejorar y adaptar tecnologías de reducción de contaminación debido a la necesidad de disminuir los pagos por emisiones. A medida que los agentes contaminadores utilicen estrategias de control que representen soluciones de mínimo costo, los costos agregados del control de la contaminación también serán minimizados.

Las experiencias en este tipo de control nos dicen, sobre todo para el caso de países desarrollados, que los sistemas de imposición de impuestos a emisiones y vertimientos utilizados para controlar la contaminación del agua, la emisión de desechos y la contaminación por ruido, se han utilizado con un buen nivel de éxito. La experiencia en Europa indica que este tipo de incentivo ha dado mejores resultados en el control de la contaminación del agua que del aire, y que en muy raras veces, este incentivo cambia el comportamiento del agente contaminador. Los impuestos a las emisiones de desechos municipales e industriales también han dado buenos resultados en el recaudo de rentas para el ente regulador, pero no para modificar la conducta del agente contaminante (Hanley, Shogren y White; 1997). La evidencia empírica en Estados Unidos y en Europa muestra que la aplicación de este incentivo aumenta de manera exitosa las rentas recaudadas por la entidad reguladora, pero no modifica el comportamiento de los agentes contaminadores. Estos autores proponen un modelo sencillo de maximización de beneficios para ilustrar la idea básica de imposición de impuestos a emisiones al productor generador de contaminación. Suponga un productor que produce un producto, q , que genera daños al ambiente y las personas. Este productor maximiza sus beneficios netos tal que:

$$\mathbf{p} = px - c(x)$$

Donde, p es el precio del producto fijado en el mercado y $c(x)$ es la función de costos asociada con la producción de x . Los costos de producir x aumentan a medida que aumenta la producción del bien, a una tasa creciente. Es decir:

$$\frac{\partial c}{\partial x} > 0 \text{ y } \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} > 0$$

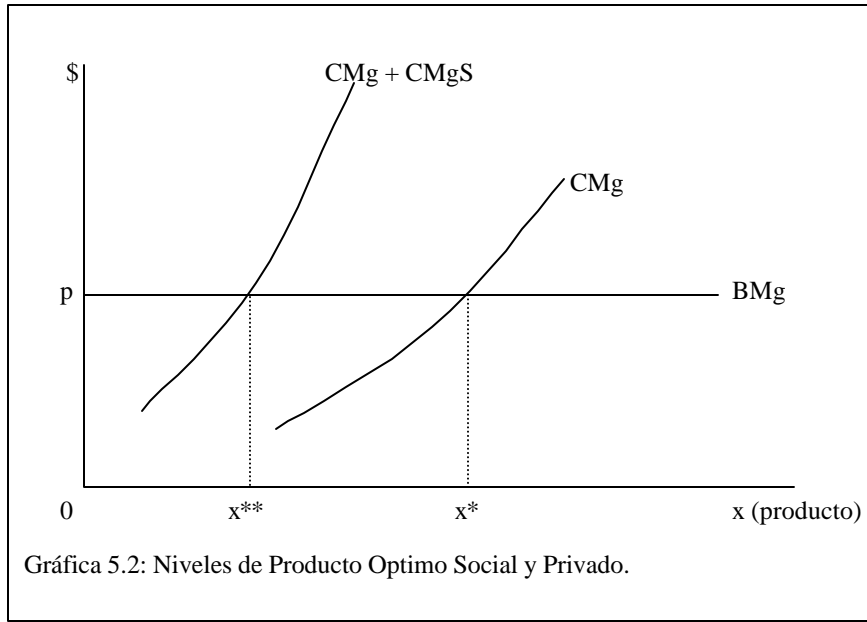
El problema de maximización de beneficios para el productor es entonces:

$$\underset{x}{\text{Max}}[px - c(x)] \quad (5.1)$$

El productor selecciona un nivel óptimo de producto, x^* , que maximiza los beneficios netos al igualar los beneficios marginales de una unidad extra de producto con el costo marginal, el cual es también igual al precio. Es decir:

$$BMg = CMg = p \quad (5.2)$$

La siguiente gráfica presenta el nivel óptimo privado de producción:



La producción de x también emite contaminantes que afectan al medio ambiente y a las personas. El nivel total de emisiones de contaminantes puede ser representado a través de una relación lineal:

$$a = bx$$

Donde, a representa las emisiones y b el coeficiente de emisiones, se espera que $b = \partial a / \partial x > 0$, indicando que a medida que se incrementa la producción, la contaminación también se verá incrementada a una tasa creciente. Si $D(a)$ representa el valor monetario de los daños asociados con la contaminación, entonces un incremento en las emisiones incrementará el daño a una tasa creciente. Es decir:

$$\frac{\partial D}{\partial a} > 0 \text{ y } \frac{\partial^2 D}{\partial a^2} < 0$$

Ahora, si el productor puede incorporar los daños externos causados al ambiente y a las personas, el problema de maximización de beneficios netos del productor será escrito como:

$$\text{Max}_x [px - c(x) - D(bx)] \quad (5.3)$$

El productor ahora, selecciona un nivel de producto óptimo, x^{**} , que maximiza los beneficios netos igualando el beneficio marginal, con el precio, con el costo marginal privado y con el costo marginal social, ver gráfica 5.2. Es decir:

$$BMg = p = \partial c / \partial x + b \partial D / \partial a = CMg + CMgS \quad (5.4)$$

La gráfica 5.2 muestra que si el producto internaliza los daños causados por sus emisiones, su nivel de producto óptimo será menor al nivel de producto que obtendría sino internalizará tales costos. En este punto, la condición de optimalidad es que los beneficios marginales sean iguales a la sumatoria de los costos marginales privados y sociales. Una vez que encontramos este resultado, la siguiente pregunta que debemos hacernos gira en torno a, ¿cómo se pueden internalizar los costos marginales sociales para poder obtener un nivel de producto óptimo que garantice el control de la contaminación?. Una forma de eliminar la externalidad ambiental sería que la entidad reguladora fuese capaz de estimar y cargar una cantidad de dinero al productor equivalente a los daños marginales asociados con las emisiones de contaminantes generadas por la producción de x . Es decir:

$$T = b \frac{\partial D}{\partial a} \quad (5.5)$$

Luego, el problema del productor contaminador es:

$$\text{Max}_x [px - c(x) - tx] \quad (5.6)$$

Es decir, el productor elige el nivel de producto que maximiza sus beneficios:

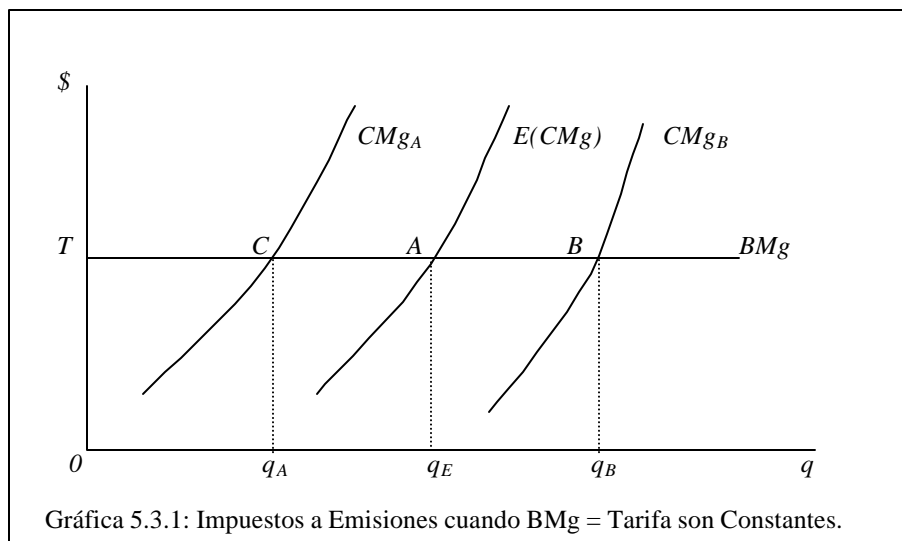
$$p = \frac{\partial c}{\partial x} + t \quad (5.7)$$

Debido a que, $T = b \cdot \frac{\partial D}{\partial a}$, la ecuación (5.7) es idéntica a la ecuación (5.4). El productor ha internalizado los daños externos que sus emisiones imponen sobre los otros agentes y por lo tanto, el nivel de contaminación óptimo privado del productor se iguala al nivel de contaminación óptimo social. Para una profundización de este resultado, el lector puede consultar Baumol y Oates (1988), en el cual se presenta un modelo de equilibrio general para impuestos y control a la contaminación.

La anterior solución aunque es óptima desde el punto vista teórico, al momento de su aplicación empírica puede enfrentar problemas. ***Uno de los principales problemas relacionados con la estimación de este valor es la estimación de los daños ambientales. La forma en que se manifiestan los daños y la manera en que afectan al ambiente y a las personas puede requerir de estimaciones que requieren de amplios volúmenes de información y de una clasificación exhaustiva de todos y cada uno de los impactos causados por la contaminación.*** Por todos estos motivos y otros adicionales como los altos costos de recolección de la información sobre los impactos físicos y económicos de la contaminación, la aplicabilidad de estos instrumentos es más compleja que lo esperado.

No obstante, ***sí un regulador esta totalmente consciente de los beneficios y costos del control de la contaminación, el alcanzar el nivel de contaminación óptimo social a través de la imposición de impuestos a emisiones es muy factible de realizarse.*** Los problemas se presentan cuando esta información no es conocida, es decir, cuando el regulador enfrenta incertidumbre acerca de los verdaderos costos y beneficios del control de la contaminación.

Weitzman (1974), dice que la efectividad del racionamiento vía precios a través de impuestos a emisiones depende de la pendiente de la curva de costos y beneficios marginales de control de la contaminación esperada por el ente regulador. Pueden presentarse problemas de sobreinversión o subinversión en descontaminación cuando las pendientes esperadas no coincidan con las que se presentan realmente. Las pendientes de las curvas de beneficios y costos marginales de reducción representan los cambios en estos ante cambios en los niveles de contaminación. Por ende, bajo ciertos tipos de pendientes se pueden presentar contradicciones en la búsqueda del nivel de reducción de contaminación socialmente óptimo. Pendientes más inclinadas para beneficios y costos marginales de reducción significa que habrá mayor variación en los valores monetarios (beneficios y costos marginales) ante un cambio en una unidad de reducción de contaminación, mientras que cuando las curvas tienen menos inclinación sucederá totalmente lo contrario. Esto traerá consigo diferencias contundentes entre los que se invierte en descontaminación y lo que realmente se necesita invertir.



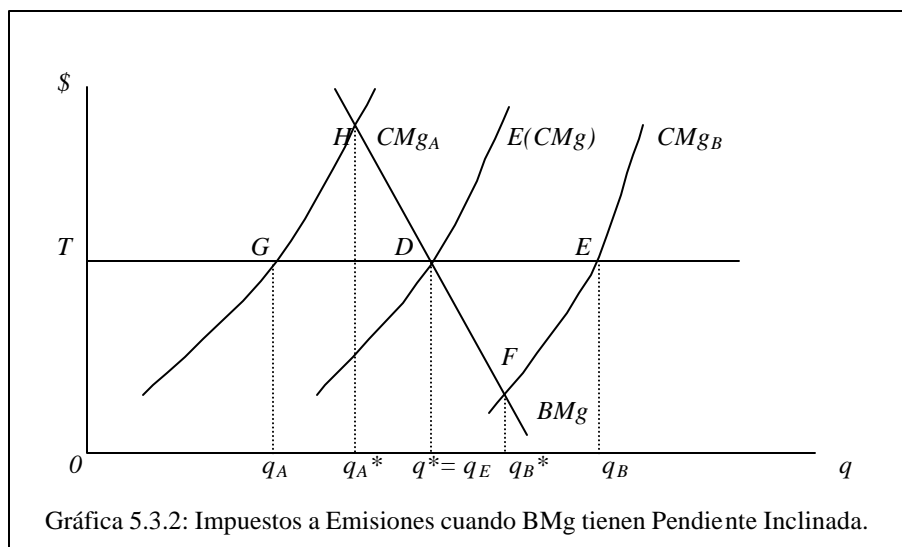
La gráfica 5.3.1 representa una curva de beneficios marginales constantes $E(CMg)$, la cuál representa el costo marginal de control de la contaminación esperado por el ente regulador. La letra q representa los niveles de control de contaminación. Si los costos marginales de reducción coinciden con los reales, se tendría un nivel de contaminación socialmente óptimo igual a $q^* = q_E$, en el cual los beneficios marginales son iguales a los costos marginales de reducción esperados. Por lo tanto, no se presentarían problemas con el nivel de inversión en descontaminación.

Sin embargo, ¿qué pasaría si los costos de reducción de contaminación reales no coinciden con los esperados?. Pueden suceder dos cosas: Primero, que los costos marginales de reducción en la realidad sean mayores, si pasa esto nos ubicásemos en el punto C de la gráfica 5.3.1. En este punto tenemos un nivel de reducción socialmente óptimo igual a $q^* = q_A$, el cual no es eficiente en términos de inversión en descontaminación.

Segundo, que los costos marginales de reducción en realidad sean menores a los esperados por la entidad reguladora, entonces nos ubicaríamos en el punto *B* de la gráfica 5.3.1. En este punto tenemos un nivel de reducción de contaminación socialmente óptimo igual a $q^* = q_B$, trayendo consigo también un nivel de inversión en descontaminación no óptimo.

En particular, este caso no presenta mayores problemas debido a que el impuesto a emisiones es igual al beneficio marginal y se comportan de manera constante. Entonces, ***cualquier nivel de reducción cumple la condición de $CMg = BMg = T$. Es decir, no se presentarían divergencias entre el nivel de reducción óptimo privado y óptimo social.***

Sin embargo, que pasa si la curva de beneficios marginales no es constante y difiere de la tarifa. Este caso se presenta en la gráfica 5.3.2, donde se muestra una curva de beneficios marginales netos con una pendiente inclinada.

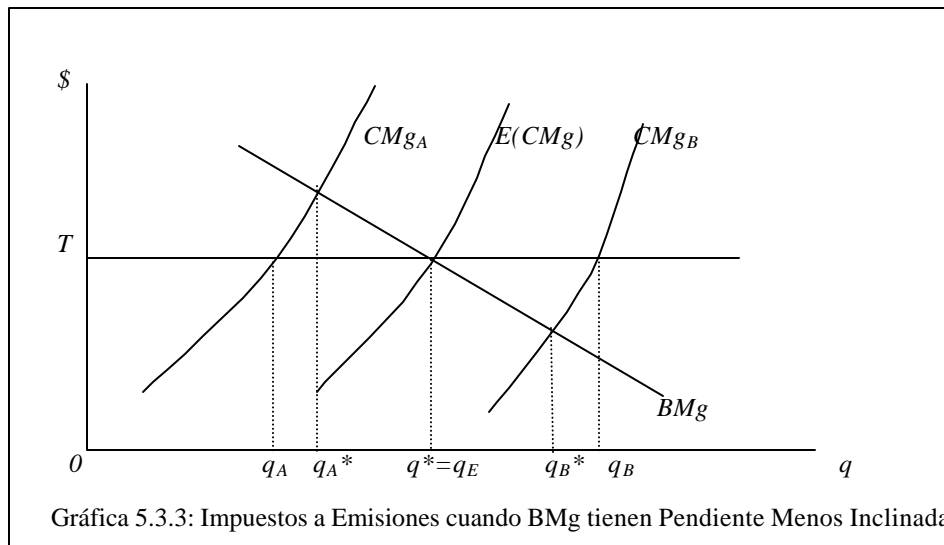


La gráfica 5.3.2. presenta diferentes niveles de reducción óptimos debido a que la pendiente de la curva de beneficios marginales de reducción es diferente a la recta que representa la tarifa. Si los costos de control en la realidad fueran exactamente iguales a los esperados, el nivel de reducción óptimo sería $q^* = q_E$.

Cuando los costos marginales de reducción son mayores a los esperados, en el punto *G* de la gráfica 5.3.2, se tiene que $T = CMg(q_A)$ pero la condición de $CMg = BMg$ se cumple en el punto *H* (q_A^*). Es decir, se descontaminaría menos de lo requerido por el verdadero nivel óptimo social de reducción. Esto como producto de que la tarifa cobrada como impuesto por emisión es menor a la que en realidad se debería cobrar.

Por lo tanto, ***se genera un incentivo para que los productores no descontaminen ya que el costo marginal de reducción esta por encima de la tarifa cobrada por unidad emitida. En este caso, la política de regulación no es óptima.***

Lo contrario sucede cuando los costos de reducción son menores. En el punto E , los costos marginales de reducción son iguales a la tarifa (q_B), pero solo en el punto F es donde los costos marginales de reducción son iguales a los beneficios marginales (q_B^*). **El nivel de reducción sería mayor que el requerido por el verdadero óptimo social. En este caso la política de impuesto a emisiones tampoco es óptima debido a que la tarifa cobrada a la comunidad regulada se encuentra por encima del valor en que $BMg = CMg$.** Este resultado puede verse también en el caso en que la curva de beneficios marginales tiene una pendiente menos pronunciada como en el caso de la gráfica 5.3.3.

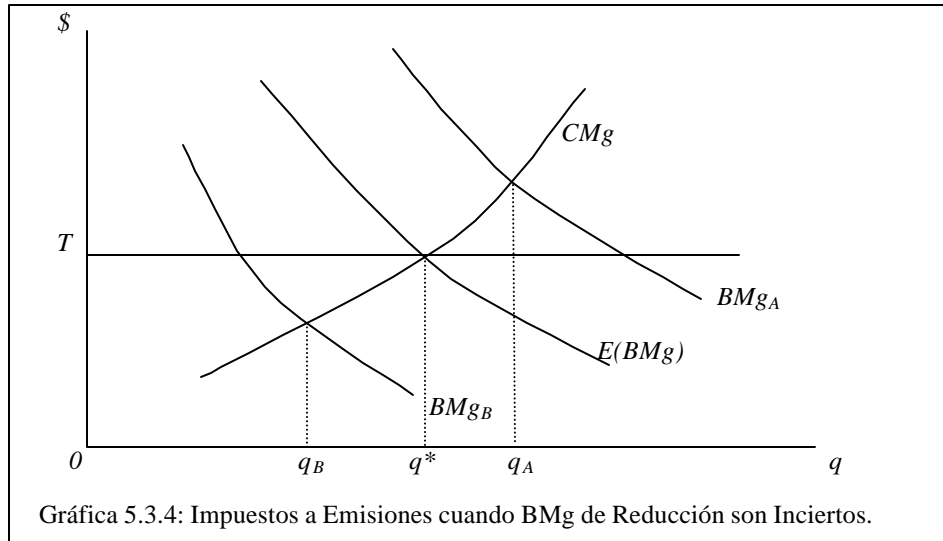


La gráfica 5.3.3 presenta el mismo resultado de la gráfica 5.3.2 pero esta vez en presencia de una curva de beneficios marginales con una pendiente menos pronunciada. **Note como el efecto de no optimalidad de la política de reducción de la contaminación si el nivel esperado de costos marginales no es igual al real es el mismo. Lo único diferente es que en este caso la magnitud de los efectos de las políticas no óptimas es menor.** Observe la diferencia en los niveles de reducción, q_A versus q_A^* y q_B^* versus q_B .

Esto significa que **en presencia de curvas de beneficio marginal más inclinadas, los efectos de las políticas en términos de desviación de los niveles óptimos sociales de inversión en reducción de contaminación serán mucho mayores.** Es decir, los costos sociales en términos de inversión en descontaminación generados por estas políticas de regulación serán mucho más significativos.

Este resultado es muy importante, ya que invita a los diseñadores de políticas de regulación ambiental a analizar cuidadosamente los efectos que puedan tener las políticas que proponen en términos de la imposición de costos económicos adicionales para la sociedad. No sobra resaltar la importancia de tener información completa sobre los costos marginales de reducción de las empresas y la estimación eficiente de los daños causados por la contaminación, para poder diseñar políticas que permitan alcanzar sus objetivos de una forma eficiente y efectiva.

Ahora, solamente nos falta estudiar el caso de incertidumbre en los beneficios marginales. Por ejemplo, por haber hecho una estimación no adecuada de los daños ambientales que produce la contaminación no existirá certeza acerca de los beneficios obtenidos por la política de reducción. Este resultado se presenta en la gráfica 5.3.4.



La gráfica 5.3.4 presenta un caso intermedio en el que se tiene incertidumbre acerca de los verdaderos beneficios marginales de reducción de la política. En este caso, la implementación de una política de impuestos por unidad de emisión traerá consigo resultados de sobre o sub estimación de los niveles de inversión en reducción de la contaminación.

Si los verdaderos beneficios marginales fueran iguales a los esperados, no se tendría problemas y se lograría alcanzar un nivel de inversión en descontaminación eficiente desde el punto de vista social, este es un punto como q^* . En cambio, si los beneficios marginales reales resultan diferentes a los esperados, se puede llegar a situaciones de sub inversión en descontaminación, obteniendo un nivel de reducción igual a q_A , o de sobre inversión en reducción de contaminación llegando a un nivel de reducción como q_B de la gráfica 5.3.4.

En q_A los beneficios actuales superan a los beneficios esperados. Mientras que en q_B , los beneficios actuales son menores a los esperados. Este es el origen de la ineficiencia de la política de reducción de contaminación. Es decir, los beneficios con los cuales se evaluó la política a priori no fueron los esperados. Por consiguiente, la política de implementación de impuestos a emisiones fue diseñada de manera no óptima.

5.2.2. Impuestos por Unidad de Contaminante Emitido al Medio Ambiente.

Hanley, Shogren y White (1997), *mencionan que los impuestos a emisiones es una herramienta limitada debido a que muchas fuentes de contaminación necesitan de registros puntuales sobre los niveles de contaminantes generados*. En presencia de problemas de monitoreo del regulador a las empresas contaminadoras, existe una alta probabilidad de que el registro de los impuestos a emisiones sean ineficientes. Es decir, el regulador no sabrá con certeza la estrategia de reducción de contaminación que emplea el agente contaminador.

Segerson (1988), menciona *que el problema de daños morales puede ser evadido si el regulador diseña un sistema de impuestos no basado en las emisiones de las empresas contaminadoras, sino más bien con base en las concentraciones de contaminantes que sobrepasen los estándares de regulación ambiental para una determinada región*. Este autor también sugiere *la inclusión de un esquema de impuestos al ambiente que combine multas y excepciones para los que sobrepasen y no sobrepasen un nivel específico de concentración en el ambiente*.

Los esquemas de impuestos al ambiente están compuestos de dos partes:

1. Un pago o subsidio por unidad de impuesto basado en la desviación a partir de algún estándar. Este depende de la magnitud de la desviación a partir del estándar establecido.
2. Una multa de suma fija por no alcanzar el estándar exigido. Este es independiente de la magnitud de la desviación a partir del estándar establecido.

Debido a que las emisiones no son observadas ni monitoreadas por la entidad reguladora, las obligaciones de cada agente contaminador dependen de las emisiones agregadas y no solo por su propio nivel de contaminantes producidos. Esto crea un efecto burbuja de concentraciones de contaminantes en el ambiente que debe ser total responsabilidad del grupo de empresas generadoras de esta contaminación. Si se encuentra que el total de contaminantes en el ambiente excede el estándar establecido, cada uno de los agentes contaminadores tendría que pagar los costos totales incrementales sociales producto del exceso de contaminantes en el ambiente. Por ejemplo, suponga que el costo del daño incremental para la sociedad es de \$500, cada contaminador debería pagar entonces esta cantidad equivalente al costo de daño total en vez de pagar una parte de este. Por consiguiente, la entidad reguladora va a recolectar $n \cdot (\$500)$ en total en vez de recolectar $(\$500)/n$, donde n representa el número total de agentes contaminadores. Esto claramente implica que el sistema no se encuentra en equilibrio debido a que se está recolectando una mayor cantidad de dinero por regulación ambiental con relación a la que debería recolectarse. La entidad reguladora puede aplicar un impuesto/subsidio o una multa o combinaciones de esta con tal de alcanzar los objetivos de reducción. La principal ventaja de este sistema es que no requiere de un monitoreo continuo de las emisiones en el ambiente.

Nos apoyaremos en el modelo del productor para ver como se construye un sistema de impuestos al ambiente. Primero asumamos que existen varios productores, $i = 1, 2, \dots, n$, quienes producen un nivel de producto x_i , que puede ser mantenido a un precio fijo, p , y puede ser producido a un costo, $c_i(x_i)$, donde se supone que los costos se incrementan si se incrementa el nivel de producto, $c'_i \circ \text{¶} c_i / \text{¶} x_i > 0$. Como antes, se sigue suponiendo que el problema del productor, en ausencia de un esquema de regulación ambiental, esta dedicado a maximizar sus beneficios netos.

$$\underset{x_i}{\text{Max}}[px_i - c_i(x_i)] \quad (5.8)$$

El productor i selecciona el nivel de producto optimo privado, x_i^* , donde el beneficio marginal es igual al costo marginal de producción.

$$p = \text{¶} c_i / \text{¶} x_i \quad (5.9)$$

Al producir un nivel de producto, x_i , también se generan emisiones donde $a_i = b_i x_i$ representa el nivel de emisiones generado con la producción de x_i dado un coeficiente de emisión fijo, b_i . Sin embargo, suponga que la entidad reguladora no puede monitorear de manera directa la forma por la cual las emisiones de los productores son transportadas a un punto en particular, como por ejemplo, a un lago o a un río. Lo máximo que puede hacer la entidad reguladora es medir las concentraciones de contaminantes en el ambiente. Sin embargo, para ella resulta demasiado difícil identificar la contribución de cada agente contaminador a la contaminación total en el ambiente, debido a que existe un factor aleatorio, e , que afecta el transporte de las emisiones a través del ambiente. Este factor aleatorio debería estar representado por el coeficiente de precipitación, condiciones del suelo o del aire. La concentración total de contaminantes en el ambiente puede representarse como:

$$j = j(a; e)$$

Donde, $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$. Asuma que el nivel de concentración de contaminantes en el ambiente se incrementa con un aumento en las emisiones, $j' \circ \text{¶} j / \text{¶} a > 0$.

El sistema de impuestos al ambiente es implementado mediante la comparación de los niveles actuales de contaminantes en el ambiente y un estándar ambiental específico. El estándar es un nivel por debajo del cual se puede percibir un riesgo de que las concentraciones de contaminantes en el ambiente se incrementen a niveles no aceptables. Asumiendo que \bar{j} es el estándar ambiental específico tal que, si el nivel observado de concentración de contaminantes en el ambiente excede el umbral, $j > \bar{j}$, la entidad reguladora tendría que multar a los productores. Si el nivel observado es menor o igual que el estándar, $j \leq \bar{j}$, la entidad reguladora tiene que dar un subsidio a los productores. Si $F(\bar{j}, a)$ representa la probabilidad de que la concentración de contaminantes no exceda el estándar, el impuesto al ambiente puede ser escrita como:

$$T_i(\mathbf{j}) = \begin{cases} t_i(\mathbf{j} - \mathbf{j}^*) + k_i & \text{si } \mathbf{j} > \mathbf{j}^* \\ t_i(\mathbf{j} - \mathbf{j}^*) & \text{si } \mathbf{j} \leq \mathbf{j}^* \end{cases}$$

Donde, t_i es el impuesto para el productor i y k_i es una multa fija impuesta al productor i cuando la concentración de contaminantes en el ambiente excede el estándar. La multa fija provee un incentivo extra a mantener un nivel de concentración de contaminantes en el ambiente por debajo del estándar establecido.

El nivel de impuestos al ambiente depende de los beneficios percibidos por reducción de contaminación. Suponga que la entidad reguladora conoce los beneficios sociales de disminuir el nivel de concentración de contaminantes en el ambiente,

$$B(\mathbf{j}(\mathbf{a}; \mathbf{e}) - \mathbf{j}(0; \mathbf{e}))$$

Estos beneficios disminuyen con el incremento de las concentraciones de contaminantes en el ambiente,

$$B'' \circ (\partial B / \partial \mathbf{j})(\mathbf{j} / \mathbf{a}) < 0$$

El agente regulado selecciona el nivel de producto que maximiza:

$$\max_{x_i} [px_i - c_i(x_i) + E[B(\mathbf{j}(\mathbf{a}; \mathbf{e}) - \mathbf{j}(0; \mathbf{e}))]]$$

El nivel de producto óptimo, x_i^{**} desde el punto del agente regulado es donde el beneficio marginal es igual al costo marginal privado y el costo marginal social esperado, definido en términos de las pérdidas en beneficios, $E[(\partial B / \partial \mathbf{j})(\mathbf{j} / \mathbf{a})]b_i$.

$$p = \partial c_i / \partial x_i - E[(\partial B / \partial \mathbf{j})(\mathbf{j} / \mathbf{a})]b_i \quad (5.10)$$

Los impuestos al ambiente son diseñados para proveer un incentivo a los productores a seleccionar el nivel de producto socialmente óptimo. El problema del productor es revisar el nivel de producto, dado que la impuesto ambiental es incluida en su flujo de beneficios netos.

$$\max_{x_i} [px_i - c_i(x_i) + E[T_i(\mathbf{j}(\mathbf{a}; \mathbf{e}))]]$$

Donde, $E[T_i(\mathbf{j}(\mathbf{a}; \mathbf{e}))] = t_i E[\mathbf{j}(\mathbf{a}; \mathbf{e})] - t_i \mathbf{j}^* + k_i(1 - F(\mathbf{j}^*, \mathbf{a}))$. Si E representa el valor esperado del factor aleatorio, ε , $E[T_i(\cdot)]$ es la impuesto al ambiente esperado dado que el clima es incierto. El productor selecciona x_i tal que los beneficios marginales igualan el costo marginal privado y el costo marginal esperado de la impuesto ambiental.

$$p = \partial c_i / \partial x_i + t_i E[\partial \mathbf{j} / \partial \mathbf{a}]b_i - k_i(\partial F / \partial \mathbf{a}_i)b_i \quad (5.11)$$

Donde, $\partial j / \partial a < 0$ es decir, el incremento en las emisiones disminuye la probabilidad de observar concentraciones de contaminantes en el ambiente a un nivel más bajo que el establecido por el estándar. La comparación de (5.11) con (5.10), nos indica que el regulador puede colocar la impuesto ambiental de varias maneras para lograr alcanzar el nivel de producción deseado. El regulador podría colocar una multa fija igual a cero y un conjunto de impuestos iguales a la tasa de beneficios marginales esperados por encima de la contribución marginal de las concentraciones de contaminantes al ambiente como producto de un incremento en la producción.

$$k_i = 0 \text{ y } t_i = - \frac{E[B']}{E\left[\partial j / \partial a\right]}$$

También se podría colocar un impuesto igual a cero y una multa fija igual a la tasa de beneficios marginales esperados por encima de la probabilidad marginal de exceder el estándar.

$$t_i = 0 \text{ y } k_i = \frac{E[B']}{E\left[\partial F / \partial a_i\right]}$$

Por último, el impuesto podría colocarse a un nivel arbitrario y con una multa fija que debería ser igual a la tasa equivalente correspondiente a la sumatoria de los beneficios marginales esperados y un impuesto ponderado según la contribución marginal de las concentraciones de contaminantes emitidas al ambiente por encima de la probabilidad marginal de exceder el estándar establecido.

$$t_i \text{ puesto arbitrariamente y } k_i = \frac{\left(E[B'] + t_i E\left[\partial j / \partial a\right]\right)}{\left(\partial F / \partial a_i\right)}$$

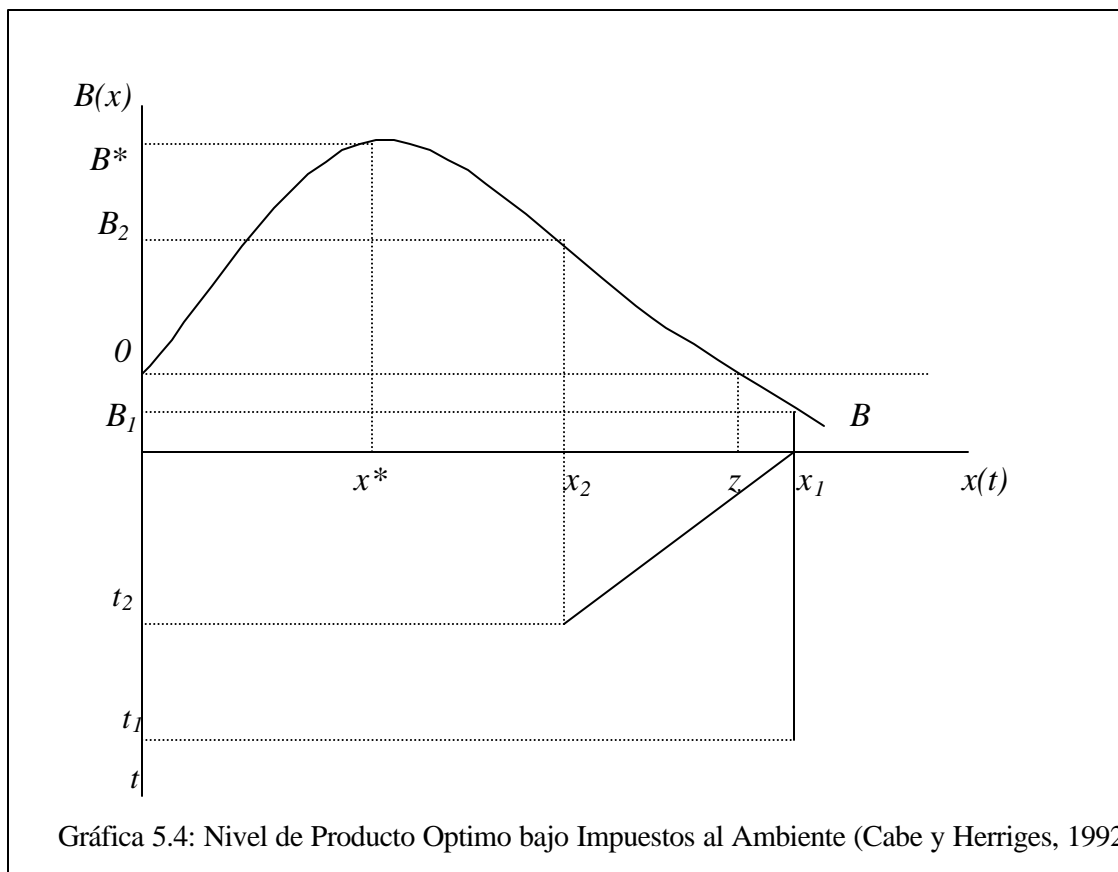
Las tres formas anteriores de imponer impuestos al ambiente dan al productor un incentivo a seleccionar el nivel de producto que el regulador quiere. Debido a que cada uno de los productores paga el daño marginal completo del nivel de contaminación total en el ambiente, no existe incentivo para que los productores tomen acciones que los hagan comportarse como free - riders. Dado que el regulador recolecta un impuesto con base en el daño marginal a partir de todos los productores, siempre se tendrá un esquema que sobrestimación del costo de la regulación ambiental.

Sin embargo, como en el caso del esquema de impuestos a emisiones, Cabe y Herriges (1992) argumentan que la desventaja de la impuesto ambiental son los restantes requerimientos de información necesaria para lograr colocar niveles apropiados de impuestos/subsidios y multas. Los impuestos al ambiente deberían requerir de la recolección de datos específicos sobre sistemas de transporte complejos, destino, filtración y volatilización de los contaminantes. Sin esta información, los impuestos al ambiente se diseñarían con un grado considerable de sesgo y no alcanzarían las metas deseadas de alcanzar un nivel de contaminación socialmente óptimo.

La gráfica 5.4. ilustra los problemas de información relacionados con los impuestos al ambiente para el control de la contaminación. El eje horizontal representa el nivel de producción x , que influye en las concentraciones de contaminantes en el ambiente; la parte superior del eje vertical representa los beneficios netos para la sociedad que depende de la producción y de las emisiones B , mientras que la parte inferior del eje vertical representa el nivel de impuesto ambiental, t . El nivel de producción socialmente óptimo es donde los beneficios netos sociales son maximizados B^* , en el nivel de producción x^* . Los puntos a la izquierda de x^* representan menores niveles de producción para la sociedad, mientras que el punto a la derecha de x^* implica un nivel de producción mayor para la sociedad. Suponga que cuando el productor actúa como maximizador de sus beneficios ignora cualquier costo social, y por consiguiente, él selecciona el nivel de producto óptimo privado, x_I .

Si el productor no percibe que sus acciones tienen algún impacto sobre la producción, él cree que su impuesto de impuesto es independiente del nivel de producto, esto se encuentra representado por la línea vertical repintada ubicada en la parte posterior de la gráfica 5.4. El nivel de producción permanece en x_I y el productor se establece en el negocio siempre cuando los impuestos al ambiente no excedan algún umbral económico, $t \leq t_I$. Si el impuesto excede este umbral, $t > t_I$, el productor cierra y deja la industria debido a que sus beneficios son negativos, por ejemplo, $B_I < 0$. En este caso los impuestos al ambiente son una herramienta discreta ya que el productor puede cualquiera de las siguientes dos cosas- debería hacer lo que normalmente hace bajo una situación sin impuesto ($t \leq t_I$) o cerrar completamente ($t > t_I$). Una posible razón para explicar este comportamiento es que los productores creen influenciar el impacto percibido por el impuesto. Si el productor no cree que sus acciones tienen un impacto directo sobre el nivel de concentraciones de contaminantes en el ambiente, los impuestos al ambiente no modifican su comportamiento. El regulador debería seguir produciendo y contaminar siempre que $x < Z$ debido a que los beneficios $B > 0$. El productor debería cerrar si $x > Z$, debido a que el bienestar neto social resulta negativo, por ejemplo, beneficios $B < 0$.

Los problemas de información presentes en los impuestos al ambiente existirán siempre que el productor crea que la relación entre producción y contaminación poca influencia en los objetivos de reducción o en lo que cree la entidad reguladora. La gráfica 5.4. muestra que si el productor cree que existe alguna relación entre su nivel de impuesto y el nivel de producción, la producción debería cambiar muy poco ante un incremento en el impuesto. El nivel de producción todavía estaría por debajo del nivel óptimo social, x^* . Otra vez la impuesto, t_2 , puede ser aumentado para lograr que el productor cierre. Sin embargo, esto también dependerá del nivel de producto x_2 relativo a Z . En el caso presentado en la gráfica 5.4, el regulador querrá que el productor se mantenga en operación, aunque el nivel de producción sea mayor que el óptimo social debido a que los beneficios netos sociales son positivos, $B_2 > 0$. El racionamiento vía cantidades en la forma de estándares tradicionales de emisiones o restricciones tecnológicas se convierte en una buena herramienta de política ambiental dependiendo de la capacidad que tenga la entidad reguladora para determinar y alterar las expectativas de contaminación de los productores y los sistemas de transporte de contaminación.



5.2.3. Impuestos a Productos.

En secciones anteriores decíamos que los impuestos (bajo cualquier forma) proveían una solución eficiente desde el punto de vista teórico. Desgraciadamente, a la hora de aplicar empíricamente tales soluciones consideradas como "primeras mejores", los problemas de asimetría de información (específicamente los relacionados con riesgos morales), eran una limitación seria para su éxito en términos de la regulación ambiental.

Ante esta situación, los impuestos o impuestos a productos son una buena alternativa a la hora de establecer políticas de incentivos económicos para el control de la contaminación. Este tipo de impuesto clasificado dentro de los incentivos vía racionamiento de precios busca influenciar el comportamiento del agente contaminador mediante la imposición de un impuesto o impuesto directamente sobre el valor del producto o insumo considerado como potencialmente dañino para las personas y el medio ambiente.

Un incentivo de este tipo hace que se incrementen los costos de los materiales (productos o insumos) dañinos para el medio ambiente. Al incrementarse el precio, como resultado de la imposición de dicho impuesto, las tienden a ejercer relaciones de sustitución, tratando de sustituir los insumos y productos potencialmente dañinos por insumo y productos más amigables con el medio ambiente. Según Hanley, Shogren y White (1997), los impuestos a productos promueven el enfoque del ciclo de vida para el control de la contaminación. A través de este tipo de incentivo se pueden incrementar los costos ambientales potenciales en diferentes etapas del ciclo del producto⁸⁸. El éxito de un sistema de impuestos a productos se debe a que por medio de este se ejerce un control sobre la contaminación en cualquier etapa del ciclo del producto.

Estos impuestos también han mostrado ser efectivos al ser aplicadas a insumos potencialmente dañinos para el medio ambiente, como por ejemplo material radioactivo para la producción de energía. Hanley, Shogren y White (1997), explican que hay muchas maneras de aplicar este tipo de incentivo. En Holanda, por ejemplo, se aplica un esquema de impuestos al producto en la forma de una sobretasa sobre las actividades de excavación (perforación para exploración y extracción) a las empresas petroleras. Aunque el nivel de aplicabilidad de este instrumento puede ser justificado a través de su éxito en el control de la contaminación. En varios de los países de Europa, las regulaciones vía imposición de un impuesto al producto han sido una realidad. Por ejemplo, en Noruega se fija un impuesto del 13% sobre el precio total de todos los pesticidas. En Suecia, también se tiene una regulación parecida a la de Noruega, en este país se grava con un 20% el precio de productos tales como baterías, fertilizantes y pesticidas. En Italia se impone un gravamen sobre las bolsas plásticas. Este impuesto es pagado por las empresas manufactureras y por los importadores de productos empaquetados en bolsas plásticas.

⁸⁸ El ciclo de vida de un producto esta comprendido por las fases de producción, uso y disposición.

Este tipo de incentivo también presenta algunos problemas. A medida que se incrementa el número de procesos de producción a regular, los costos administrativos relacionados con estas regulaciones crecen de manera exagerada. Este hecho es un problema serio para el logro de la eficiencia económica en la regulación a través de este instrumento. Sin embargo, según estos mismos autores, la eficiencia puede ser alcanzada con mínimos costos administrativos si optamos por regular solamente a insumos primarios y a desechos provenientes después de haber consumido los bienes. La eficiencia alcanzada bajo este tipo de incentivo puede incrementarse si se adicionan los esquemas de impuestos al producto a los sistemas de impuestos vigentes en los países.

No obstante, según la OECD (1994), la mayoría de reportes sobre impuestos a productos han demostrado una carencia de impactos sobre el comportamiento de los productores. Existe poca evidencia de que los impuestos a productos conducen a reducciones significativas en el uso de insumos y productos finales. Esta evidencia revela que tal resultado se debe a que los impuestos han sido colocados a un nivel bajo.

5.2.4. Subsidios.

Los subsidios son un tipo de asistencia financiera ofrecida a los productores por la entidad reguladora. Los subsidios pueden ser utilizados como un incentivo para asegurar el control de la contaminación o para mitigar el impacto económico de las regulaciones mediante prebendas financieras a las empresas que hacen inversiones en reducción de contaminación. Los subsidios pueden darse a través de transferencias directas de dinero de la entidad reguladora a las empresas para desarrollar infraestructura que permita un mejor manejo o eliminación de la contaminación. Un ejemplo de esto se presenta en Estados Unidos, en donde el Gobierno puede realizar transferencias de dinero a las empresas para construir lagunas de oxidación del agua o plantas de tratamiento que reduzcan los niveles de contaminación del agua. Otra forma de aplicar subsidios a las empresas que reduzcan contaminación puede ser a través de la creación de esquemas de reducción de su carga impositiva.

Según Field (1997), el subsidio actúa como una recompensa por reducir contaminación, éste actúa como un costo de oportunidad debido a que cuando una empresa decide emitir una unidad de contaminante, esta decidiendo también renunciar al pago de un subsidio que podría obtener si toma la alternativa contraria de restringir esa unidad de contaminante. Para citar algunos ejemplos; Hanley, Shogren y White (1997), señalan que en Francia se hacen pagos a la industria por el control de la contaminación del agua. En Italia existen subsidios para las empresas que reciclan desechos sólidos. En Holanda existen programas de asistencia financiera que proveen incentivos a las industrias que promueven el cumplimiento de las regulaciones y la investigación tecnológica para generar nuevas tecnologías de reducción. En Alemania existen subsidios para empresas pequeñas que pueden tener problemas en su flujo de caja al incluir los costos de la reducción de contaminación o que puedan necesitar recursos para agilizar la implementación de programas ambientales. En Suecia los subsidios son utilizados para reducir el uso de pesticidas mediante la financiación de programas que prueban la eficacia de nuevos equipos de dispersión que aumentan la efectividad de las aplicaciones, recursos para crear de sistemas de monitoreo y predicción de plagas y servicios de prevención.

Antes de presentar un modelo de subsidios es bueno entender como funciona. Para esto citamos el ejemplo de Field (1997) sobre un esquema de subsidios para la reducción de emisiones:

Taba 5.1: Subsidio para la Reducción de Emisiones.				
Emisiones (Toneladas /mes)	Costos Marginales de Reducción	Costos Totales De Reducción	Subsidio Total US \$120/Ton	Subsidio Total menos Costos Totales de Reducción
10	0	0	0	0
9	15	15	120	105
8	30	45	240	195
7	50	95	360	265
6	70	165	480	315
5	90	255	600	345
4	115	370	720	350
3	130	500	840	340
2	180	680	960	280
1	230	910	1080	170
0	290	1200	1200	0

Fuente: Field (1997).

En la tabla anterior se presenta un esquema de subsidios aplicado a una empresa. El nivel base se encuentra establecido en su tasa actual de emisiones correspondiente a 10 toneladas por mes, primera columna. Los costos marginales de reducción para diferentes niveles de reducción se presentan en la segunda columna. Mientras que en la tercera columna se presentan los costos totales de reducción. En la cuarta columna se presenta los ingresos que perciba la empresa por concepto de subsidio, los montos son calculados a partir US\$120 dólares de subsidio por cada tonelada de contaminante reducida a partir del nivel base. Los ingresos netos por concepto de subsidio se presentan en la última columna. El lector puede notar que el mayor ingreso percibido por la empresa se da cuando esta reduce cuatro toneladas al mes. Luego después de este nivel de reducción la empresa recibe menos ingresos y, por consiguiente, no tiene incentivos para invertir en más reducción.

Para estudiar mas detenidamente un esquema de subsidios para la reducción de la contaminación suponga el modelo planteado por Hanley, Shogren y White (1997). Suponga que el productor recibe un subsidio por producir un nivel de producto por debajo de algún nivel fijado por la entidad reguladora para poder alcanzar un nivel específico de contaminación en el ambiente. El subsidio es igual a:

$$S = g(\bar{x} - x)$$

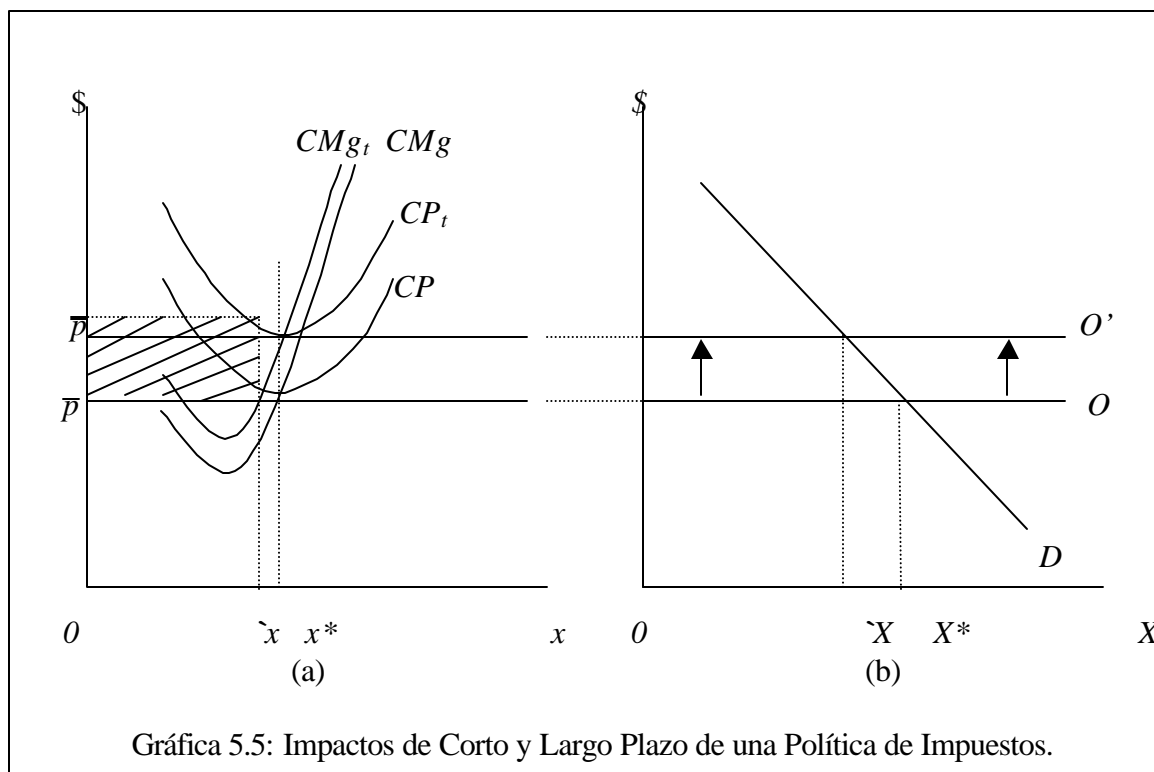
Donde, $g = D'b$ representa el costo marginal social de producir x . Si $x = \bar{x}$, el productor no recibe subsidio, $S = 0$. Pero si el productor cierra, es decir, $x = 0$, el productor logra el subsidio total, $S = g\bar{x}$. El problema para el productor con subsidio puede ser escrito como:

$$\text{Max}_x \pi = [px - c(x) + g(\bar{x} - x)]$$

El productor selecciona un nivel de producto que maximiza sus beneficios netos. La condición de óptimo se presenta cuando el beneficio marginal es igual al precio el cual también es igual al costo marginal más el costo de oportunidad de perder el subsidio (equivalente al costo marginal social de producir una unidad de x):

$$\frac{\partial \pi}{\partial x} = p = \frac{\partial c}{\partial x} + g$$

Cada unidad de producto resulta en una pérdida de una unidad de subsidio, g . Por consiguiente, el productor tiene el incentivo de reducir su nivel de producto hasta el nivel óptimo social, el mismo como en el caso de los impuestos a emisiones. Sin embargo, existe una gran diferencia entre un subsidio y una impuesto visto desde una perspectiva de largo plazo que considera la entrada y salida de productores de la industria. Sin entrada y salida de productores, un subsidio y una impuesto nos llevarían a los mismos resultados. Pero con entrada y salida de productores, los resultados agregados varían substancialmente. En el largo plazo, el impuesto reduce la contaminación agregada mientras que el subsidio la incrementa.



Para ver la diferencia entre un impuesto y un subsidio considere las gráficas 5.5 y 5.6. Primero definamos el comportamiento del productor bajo un sistema de impuestos. La gráfica 5.5. muestra el caso de un sistema de impuestos con entrada y salida de empresas de la industria. En la parte (a) se representa el comportamiento de un productor representativo, mientras que en la parte (b) se representa a la industria. La curva de costos promedios y marginales sin impuesto es escrita como:

$$CP = \frac{c(x)}{x} \text{ y } CMg = \frac{\partial c}{\partial x}$$

El productor opera al nivel de producto x^* , en este punto su beneficio económico es igual a cero. Suponemos un mercado perfectamente competitivo así que el producto no tiene beneficios económicos positivos. Los beneficios económicos incluyen el costo de oportunidad de la siguiente mejor alternativa, esto implica que el productor percibe sus retornos iguales a la tasa de interés de oportunidad de mercado, ni más ni menos. Beneficios económicos positivos implican que el productor esta ganando más de los que ganaría a la tasa de interés de mercado. Por el contrario, beneficios económicos negativos implican que el productor no esta cubriendo su costo de oportunidad y por consiguiente debería invertir sus recursos en cualquier otra actividad. Dadas unas condiciones de competencia perfecta, esto implica una curva de oferta agregada perfectamente elástica, como la presentada en la parte (b) de la gráfica 5.5 a un precio, \bar{p} . Suponiendo que la curva de demanda agregada de la industria tiene una pendiente negativa, el nivel de producto agregado resulta en X^* , donde X^* es igual a la suma de todos los productos de todas las empresas de la industria, x^* . Si el regulador ahora impone un impuesto, como la descrita en la ecuación (5.5), las curvas de costos promedios y marginales son replanteadas como:

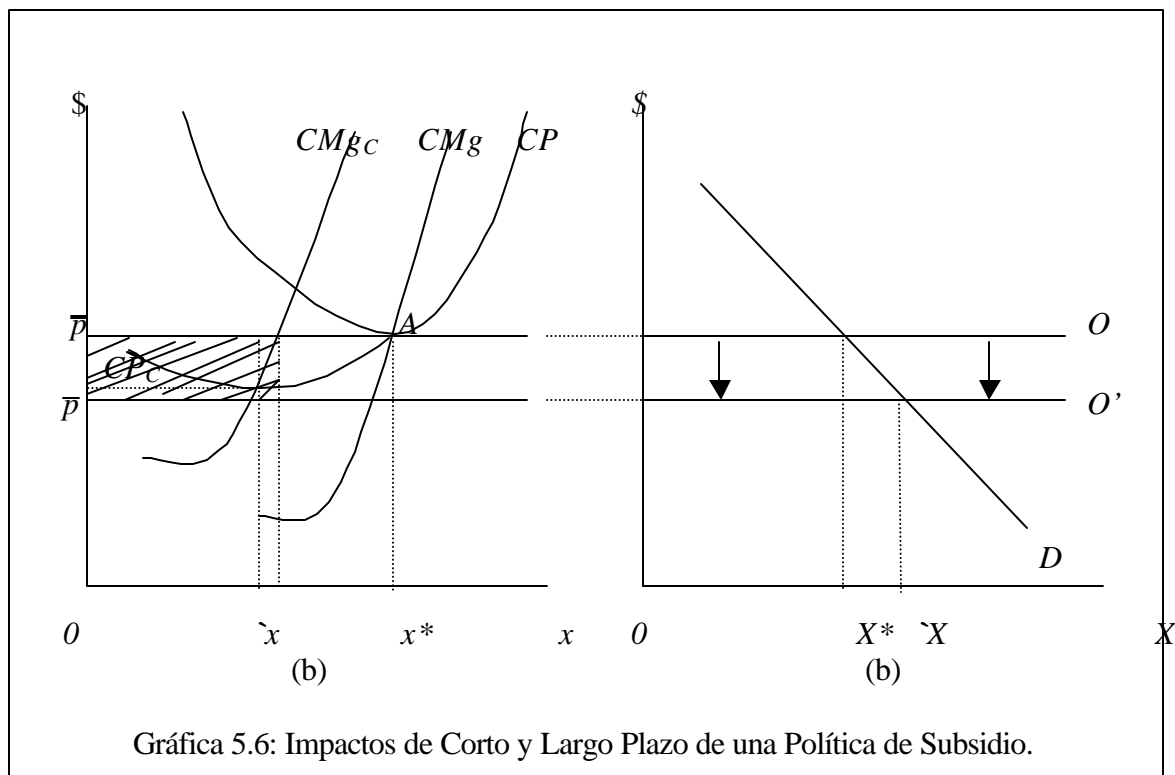
$$CP_t = \frac{c(x)}{x} + t \text{ y } CMg_t = \frac{\partial c}{\partial x} + t$$

La parte (a) de la gráfica 5.5 muestra que el resultado de la impuesto es un desplazamiento paralelo tanto de la curva de costos promedio como de la curva de costos marginales. Si el precio de mercado se establece en \bar{p} , el productor opera donde los beneficios marginales son iguales a \bar{p} y al nuevo costo marginal CM_{gt} , en este punto el productor debería producir el nivel de producto \bar{x} y obtener unos beneficios económicos negativos, $p < 0$. El área sombreada de la parte (a) de la gráfica 5.5 representa los beneficios negativos. Estos beneficios negativos deberían forzar a algunos productores a dejar la industria, por consiguiente, se cambiaría la curva de oferta agregada de O a O' , como se presenta en la parte (b) de la gráfica 5.5. La curva de oferta se desplazará hacia arriba hasta que sea alcanzado un nuevo precio de mercado, \bar{p} , tal que el resto de los productores otra vez obtengan beneficios económicos iguales a cero, en presencia de la impuesto. Esto resulta en una disminución del nivel de producto agregado de \bar{X} a X^* , lo cual trae consigo una reducción del nivel de contaminación total de la industria. Note que los productores que quedaron en la industria ahora producen x^* , pero debido a que son pocos productores, el nivel de producto y contaminación total es reducida. Con el impuesto se ha logrado el objetivo de reducción de contaminación planteada para el largo plazo.

Ahora considere un esquema de subsidios. Con el subsidio las curvas de costos promedios y marginales son escritas como:

$$CP_c = \frac{c(x)}{x} + \frac{J\bar{x}}{x} - g \text{ y } CM_{gc} = \frac{\partial c}{\partial x} + g$$

Note que, mientras el efecto de un subsidio sobre los costos marginales es el mismo que el obtenido bajo la imposición de una impuesto ($t = g = D'b$); el efecto sobre los costos promedios es diferente. El subsidio hace que los costos promedio se desplacen hacia abajo a la izquierda. La parte (a) de la gráfica 5.6 presenta el impacto de un subsidio sobre la estructura de costos de un productor.



Si el productor inicialmente estaba ganando cero beneficios económicos, ubicado en el punto A de la parte (a) de la gráfica 5.6. El subsidio hará que el productor reduzca su nivel de producto a \bar{x} y obtenga unos beneficios económicos positivos, dado que el precio de mercado está establecido en \bar{p} . Estos beneficios positivos corresponden al área sombreada mostrada en la parte (a) de la gráfica 5.6. Sin embargo, la presencia de beneficios positivos debería hacer que entren productores nuevos a la industria, por consiguiente, la curva de oferta agregada se desplazará hacia abajo, de O a O', resultando un menor precio de mercado, \bar{p} , y un mayor nivel de producto agregado, un incremento de X^* a \bar{X} , como se muestra en la parte (b) de la gráfica 5.6. Ahora, aunque cada productor este generando menos producto, \bar{x} , y menos contaminación de manera individual, existen más productores en la industria, así que el nivel de contaminación total actual tiende a incrementarse. Con una entrada no restringida, los subsidios atraen más productores que producen menos contaminación individualmente pero al final incrementan el nivel total de contaminación. Siempre que haya libre entrada y salida de productores de una industria, los esquemas de impuestos y subsidios en el largo plazo, jamás nos llevarán a los mismos resultados.

Lewis (1994), provee otro ejemplo útil acerca de la forma en que un subsidio puede ser ineficiente siempre que la entidad reguladora pueda medir perfectamente en términos monetarios los daños generados a personas y al ambiente como resultado de la contaminación. Un esquema de subsidios puede llevarnos a ineficiencias si el contaminador tiene información privada acerca de los beneficios de su producción. Si el regulador no conoce el tipo de productor (no conoce su nivel de ganancias, si sus ganancias son mayores o menores), la información privada conduciría a una renta derivada de la información. El productor con un nivel de beneficios bajo recibirá un subsidio aunque este no se lo merezca ya que no ha producido nada⁸⁹. Un ejemplo de esto puede ser el caso de productores agrícolas dueños de tierras con un nivel bajo de productividad que todavía reciben subsidios. Como su tierra tiene baja productividad, ellos ya no producen un nivel de producto suficiente para obtener beneficios económicos positivos. Entonces, si no obtienen beneficios económicos positivos, no deberían recibir subsidio, ya que no sacrifican nada en términos de ganancias. Considere un grupo de productores que ofrecen un producto a un precio fijo. Los productores son indexados por θ , el productor con menores beneficios es indexado con, q' , mientras que el productor con mayores beneficios es indexado con q'' , $q' \hat{I} [q', q'']$. Si, $p(q)$ representa los beneficios económicos esperados del productor tipo q , donde:

$$\pi(\theta'') > \pi(\theta') \text{ y } \pi'(\theta) \equiv \partial\pi/\partial\theta > 0$$

Suponga que existe algún productor tipo, \tilde{q} , que tiene beneficios económicos iguales a cero, $\pi(\tilde{q}) = 0$, donde $q' < \tilde{q} < q''$. Suponemos que la entidad reguladora no conoce el nivel de ganancias de algún productor específico. Pero si conoce la distribución de los tipos de productores en la economía. Por simplicidad suponga, que la distribución de tipos es uniforme: es decir, existe una probabilidad igual por cada tipo de productor.

Cada productor emite contaminantes que imponen costos externos sobre la sociedad. Si $w > 0$ representa los costos sociales generados por cada productor que opera en la economía. El excedente neto social de la producción es:

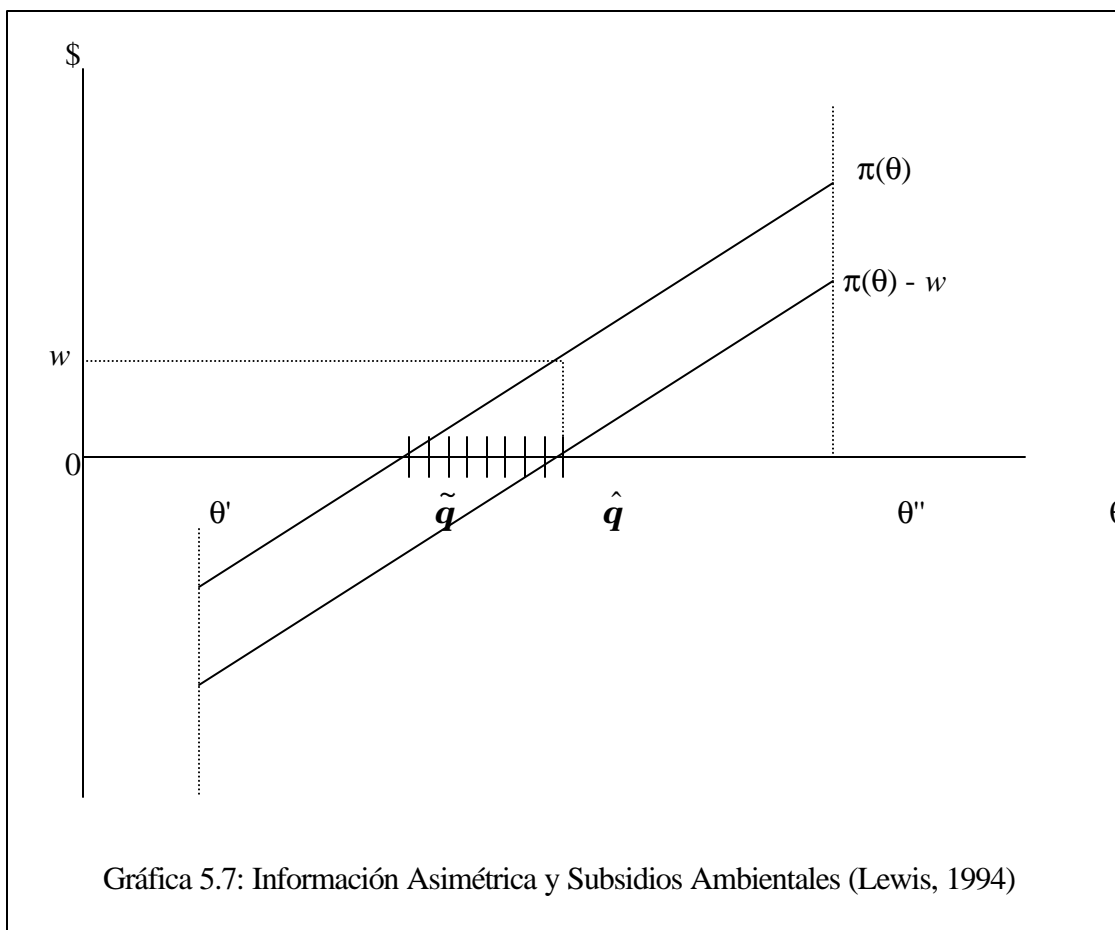
$$\pi(\theta) - w$$

El tamaño socialmente óptimo de la industria es donde el excedente neto social es igual a cero (no existen más ganancias del intercambio):

$$\pi(\hat{q}) - w = 0$$

Donde, \hat{q} es el umbral tipo productor que separa a los productores que deberían establecerse en el negocio de los que no lo harán, dado que ahora los costos sociales son contabilizados.

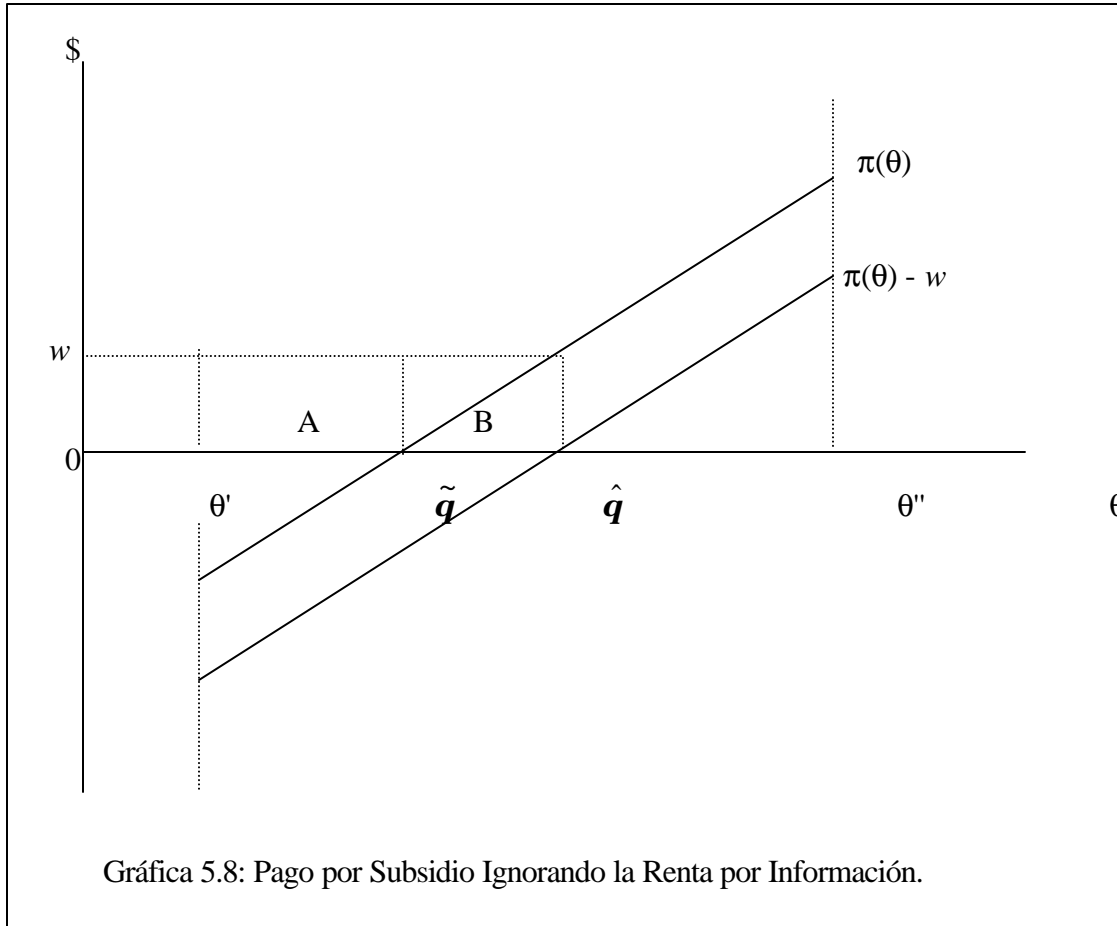
⁸⁹ Como no ha producido nada sus ganancias esperadas deberían ser negativas.



La gráfica 5.7 muestra que si ignoramos los costos sociales, el tamaño de la industria es el conjunto de productores con beneficios esperados positivos, $\pi(\theta) \geq 0$, estos son todos los productores con tipos comprendidos entre \tilde{q} y q'' . Los productores con tipos entre q' y \tilde{q} tienen beneficios esperados negativos, $\pi(\theta) < 0$, y no deberían entrar a la industria. Si tomamos en cuenta los costos sociales, $\pi(\theta) - w$, el tamaño de la industria debería disminuir, quedando solamente los productores con beneficios netos esperados positivos, $\pi(\theta) - w > 0$, estos productores estarían entre los tipos \hat{q} y q' . La industria debería eliminar a todos los productores con tipos comprendidos entre \tilde{q} y \hat{q} , cuyos beneficios netos esperados son negativos, $\pi(\theta) - w < 0$. Si los productores con tipos comprendidos entre \tilde{q} y \hat{q} , dejan la industria, la contaminación debería reducirse al nivel socialmente óptimo.

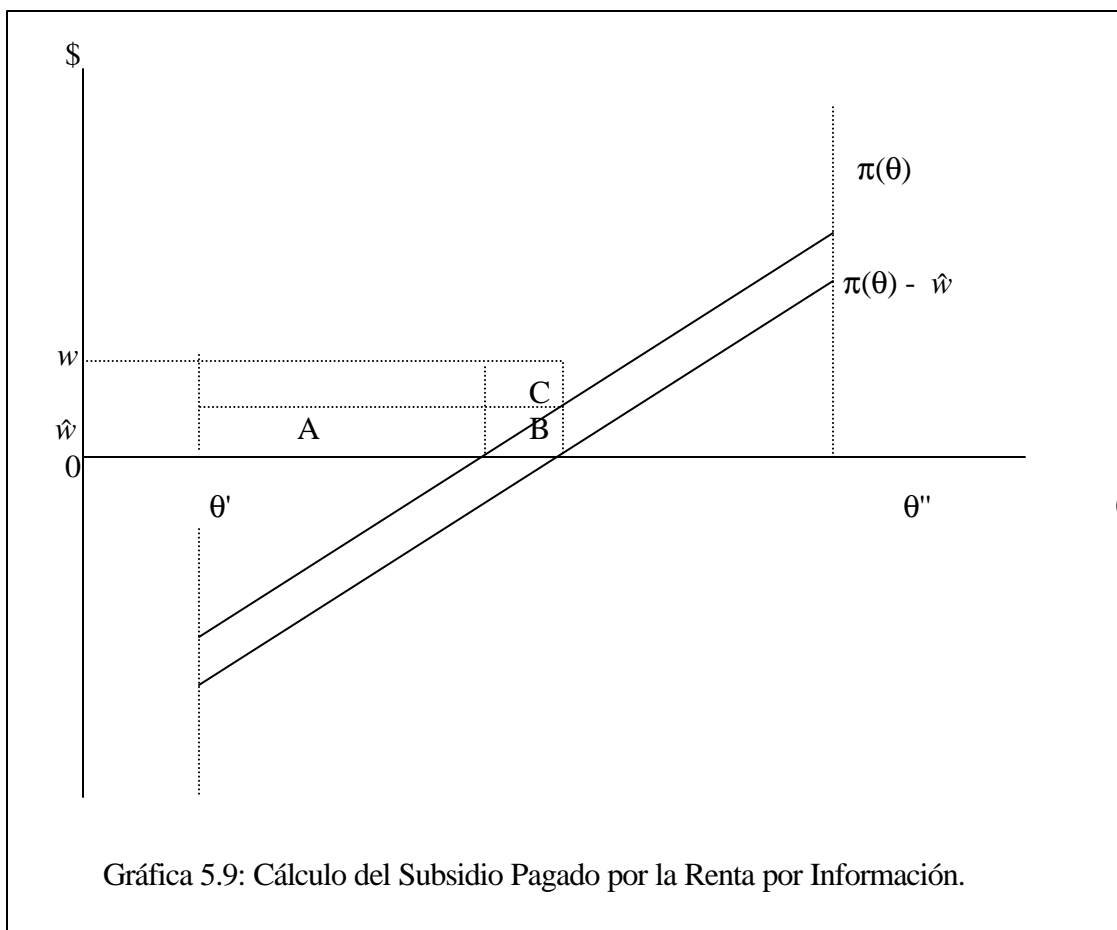
Sin embargo, los productores con tipo \tilde{q} y \hat{q} necesitan un incentivo para dejar de la industria. Ellos no abandonarán la industria por voluntad propia ya que sus beneficios esperados son positivos, la entidad reguladora tiene que crear un incentivo para que esto suceda. Si se crea un incentivo, digamos un subsidio, equivalente al costo social unitario, w , los productores que lo reciban cesarán su producción y abandonarán la industria. Solamente los productores con beneficios mayores o iguales al costo social unitario (productores con tipos \hat{q} y θ') son los que se quedarán en el mercado, esto nos conduce a una asignación eficiente de recursos.

Todo indica que esta sería la mejor solución para la regulación ambiental. Sin embargo, debemos tomar en cuenta que además de establecer un subsidio, debemos pensar también en cual será su valor. Si la entidad reguladora no tiene información sobre el tipo del productor, es decir, no tiene información sobre sus beneficios, ésta tendrá problemas a la hora de calcular el monto del subsidio. Si el regulador tiene la restricción de balancear su presupuesto, dado que el subsidio debería ser pagado a partir de un impuesto colocado a la sociedad por recibir beneficios de la reducción en la contaminación. El regulador ahora enfrentaría el problema de no poder usar el subsidio para reducir la contaminación a un nivel socialmente aceptable sin violar el requerimiento de balance en el presupuesto. Debido a que el regulador no puede determinar el tipo de productor, él no puede identificar que productores no deben entrar a producir en ausencia del subsidio. Es decir, aquellos tipos de productores donde $\pi(\theta) < 0$, tipos entre θ' y \tilde{q} . Ahora, la entidad reguladora tiene que pagar el subsidio a todos los productores debido a que no puede identificarlos. Esto hará que la entidad reguladora pague más recursos por subsidio de los que recibe por el impuesto por la mejora en la calidad ambiental. Los productores con menor nivel de ganancias tienen una renta por información que ellos pueden explotar.



La gráfica 5.8 muestra la divergencia entre el pago total por el subsidio y los beneficios totales recibidos, dada la salida de la industria de los productores con bajos niveles de ingreso. La entidad reguladora necesita pagar el subsidio a todos los productores con tipos entre θ' y \tilde{q} quienes tienen beneficios netos esperados negativos, $\pi(\theta) - w < 0$. El subsidio total debería ser igual w multiplicado por el número de productores entre θ' y \tilde{q} . Esto es el área $A + B$ en la gráfica 5.8. Sin embargo, los beneficios totales derivados del subsidio es solamente el área B . El grupo de productores con tipo \tilde{q} y \hat{q} que deberían operar sin el subsidio pero que deberían salir de la industria sin este, $\pi(\theta) - w < 0 < \pi(\theta)$. Por consiguiente, mediante la imposición de un subsidio que refleja exactamente los costos sociales de la contaminación, la entidad reguladora no puede balancear su presupuesto y asignar eficientemente los recursos.

El regulador puede lograr arreglar este problema relajando el requerimiento de balance en el presupuesto o tratando de ofrecer un subsidio que no capture exactamente el valor del daño social. La gráfica 5.9 muestra lo que pasa si la entidad reguladora ofrece un menor subsidio, $\hat{w} < w$, para los productores. Unas pocas empresas salen de la industria, así que los beneficios de la mejora en la calidad ambiental son menores, áreas $B + C$, pero el gasto total en subsidios es también menor, áreas $B + A$.



Un menor subsidio intenta cortar la renta de información que tienen los productores a partir de la información privada con que cuentan. Si el área A es igual al área C, es decir los subsidios pagados resultan ser iguales a los beneficios ganados, y el presupuesto se encuentra balanceado. Siempre que la entidad reguladora trate de imponer un subsidio por un monto equivalente al del verdadero costo social de la contaminación, los productores con información privada sobre sus beneficios puede explotar el incentivo para su propio beneficio, conduciendo consigo a una asignación ineficiente de recursos. Por consiguiente, la entidad reguladora no debería imponer un subsidio o un impuesto, al nivel del valor del daño marginal social, sino en vez de eso, imponerlo a un nivel en que su presupuesto éste en equilibrio, es decir, se tenga un balance entre los costos de la renta de información y los beneficios derivados de la mejora en la calidad ambiental. Esto de nuevo implica que los instrumentos económicos por si solos no pueden ser suficientes para alcanzar un nivel de calidad ambiental socialmente deseado. Una combinación de sistemas de incentivos económicos y restricciones tecnológicas o restricciones a cantidades pueden ser más apropiadas (ver Crocker, 1984; Laffont, 1994).

5.3. Reglas de Responsabilidad: Multas por No Cumplimiento, Bonos y Depósitos Reembolsables.

Las reglas de responsabilidad son un conjunto de dictámenes que hacen que de alguna manera el productor siga algunas obligaciones ambientales, restricciones tecnológicas o comportamientos contaminadores aceptables. Una manera de aplicar este incentivos es cuando el productor paga a la entidad reguladora un bono, el cual, luego puede ser reembolsado al productor si este no causa daños al medio ambiente. También, se puede establecer multas por no-cumplimiento si la entidad reguladora se percata que el productor generó un daño al medio ambiente. Las reglas de responsabilidad intentan reducir la evasión al control de la contaminación ambiental, aumentando los costos de no cumplir con la reducción de la contaminación. De todas las acciones posibles de desarrollar a partir de este incentivo, las multas por no-cumplimiento resultan las más importantes ya que un productor tiene que llevar una alta carga impositiva si sus acciones lo conducen a un nivel de contaminación que excede algún estándar ambiental establecido. Sin embargo, dados los problemas de riesgos morales asociados con muchos tipos de contaminación, es imposible identificar la contribución exacta de cada productor a las concentraciones de contaminantes en el ambiente y por ende no se pueden asignar efectivamente los costos de los daños causados por la contaminación entre los diferentes productores contaminadores.

5.3.1. Multas por No Cumplimiento.

Xexapedes (1991), ha reconocido la posibilidad de riesgos morales, proponiendo un esquema teórico de incentivos bastante factible con apelaciones políticas cuestionables. Volviendo de nuevo al trabajo de Holmström (1982) sobre comportamiento de las empresas en presencia de incentivos, Xexapedes desarrolla un mecanismo de incentivos para inducir a los contaminadores a ofrecer el nivel objetivo de control de contaminación. Aplicando una combinación de subsidios con multas aleatorias, el mecanismo trabaja así: Si la concentración de contaminantes en el ambiente excede el estándar establecido en una zona, la entidad reguladora selecciona de manera aleatoria al menos a un productor y lo multa. Luego, la entidad reguladora redistribuye un porcentaje de esta multa menos los daños para la sociedad resultante del no-cumplimiento de entre el resto de productores. El mecanismo de multas aleatorias incrementa los costos esperados de evasión y, si son diseñados de manera adecuada, deberían conducirnos al nivel deseado de control sin tener que recurrir a acciones de monitoreo a los productores.

El mecanismo de multas aleatorias es relativamente atractivo para el sistema de emisiones o impuestos al ambiente por dos razones. Primero, la información requerida para implementar el mecanismo es menor que la requerida para implementar los impuestos o subsidios. Por solamente el requerimiento de monitoreo al sitio de recepción de la contaminación, el mecanismo de multas aleatorias necesita datos sobre el nivel total de concentración de contaminantes; por consiguiente, no resulta necesario conocer el nivel de control de contaminación de cada contaminador. Por el contrario, el enfoque de impuestos requiere datos sobre los esfuerzos de control actuales de todos y cada uno de los productores, la información es alcanzada a un costo considerable. Segundo, el mecanismo genera un equilibrio en el presupuesto, y no requiere rentas adicionales más allá de las ganancias en bienestar generadas por la reducción de la contaminación. Esto es todo lo contrario a los impuestos, ya que cuando se utiliza un impuesto o un subsidio, cada productor incurre en unos costos marginales del daño total asociados con el nivel deseado de contaminación, resultando en una recolección y distribución múltiple de los costos del daño, lo cual no genera un balance en el presupuesto.

Herriges et. al. (1994), demuestra que el esquema de multas aleatorias debería implementarse solamente si todos los productores son aversos al riesgo. La razón para esto es que el requerimiento de balance en el presupuesto crea una interdependencia entre los productores la pérdida de un productor es la ganancia de otro. Un incentivo a los productores depende de las expectativas de cada productor acerca de su multa y de las expectativas en cuanto a las multas sufridas por los otros productores, debido a que él potencialmente podría recibir un porcentaje de su multa para mantener su presupuesto balanceado. Por consiguiente, mediante un incremento en la magnitud de la multa, la entidad reguladora está incrementando los costos y beneficios de la evasión a la regulación ambiental. El incremento de la multa conduce a un balance en el presupuesto simplemente mediante el incremento de la variabilidad de los beneficios de un productor derivados de la evasión a la regulación ambiental.

Si los productores son neutrales al riesgo, el incremento en la variabilidad no tiene influencia sobre su tendencia de evasión debido a que ellos reciben los beneficios marginales totales de la evasión y solamente pagan una parte de los costos marginales. Los premios esperados de la evasión deberían exceder los premios esperados del cumplimiento. Sin embargo, si los productores son aversos al riesgo, ellos tendrán miedo de perder los beneficios que podrían recibir. Esto sirve para magnificar la percepción acerca de las consecuencias de tomar en cuenta la evasión. Si los productores son lo suficientemente aversos al riesgo, ellos deberían dar más importancia a la fracción de costos marginales, lo suficiente como para desplazar por completo los beneficios marginales de evasión. Por consiguiente, el premio esperado por cumplir debería exceder al premio esperado de evasión y el esquema de multas aleatorias debería alcanzar su objetivo— las decisiones privadas se encuentran en correspondencia con el objetivo social de reducción de contaminación.

Considere como trabaja el esquema de multas. Suponga que tenemos un grupo de productores, $i = 1, 2, \dots, n$, quienes ahora deben seleccionar un nivel de control de contaminación, q_i . La entidad reguladora quiere que cada productor seleccione el nivel de control socialmente óptimo, q_i^{**} . Sin embargo, dada la incapacidad de monitorear el control de contaminación de cada productor, la entidad reguladora decide diseñar un esquema de multas aleatorias. Si \mathbf{j} representa el umbral crítico del nivel de contaminantes en el ambiente. Si la concentración de contaminantes en el ambiente no excede el umbral, $\mathbf{j} \leq \mathbf{j}$, entonces cada productor debería recibir un subsidio, b_i , en la forma de un porcentaje, \mathbf{f}_i , de los beneficios sociales, $B(a(q))$, donde $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$.

Pero si el nivel observado de concentración de contaminantes en el ambiente excede el umbral, $\mathbf{j} > \mathbf{j}$, el productor enfrenta dos posibles resultados: el podría ser seleccionado aleatoriamente y multado, F_i , con una probabilidad, \mathbf{s}_i , u otro productor podría ser seleccionado y multado con una probabilidad $(\mathbf{s}_j, j \neq i)$ y el resto de productores deberían recibir el subsidio más algún porcentaje de la multa menos el valor de los daños ocasionados a la sociedad por el no cumplimiento. El esquema de multas aleatorias incrementa el costo de evasión sobre el esfuerzo de control, y es resumido como:

$$S_i(q) = \begin{cases} b_i - \mathbf{f}_i B(a(q)) & \mathbf{j} \leq \mathbf{j} \\ -F_i & \mathbf{j} > \mathbf{j} \text{ con probabilidad } \mathbf{s}_i \\ B_i + \mathbf{f}_{ij}[b_j + F_j + G(a(q))] & \mathbf{j} > \mathbf{j} \text{ con probabilidad } \mathbf{s}_j, j \neq i \end{cases}$$

Donde, $\mathbf{f}_{ij} = \mathbf{f}_i / \mathbf{a}_k \cdot \mathbf{f}_k$ denota el porcentaje de multa del productor j que asignado a producir i , y $G(a(q)) = B(a(q)) - B$ representa el cambio en los beneficios sociales del nivel de reducción planteado por la entidad reguladora, con $G(a(q)) < 0$ para $\mathbf{j} > \mathbf{j}$.

Dado este esquema de incentivos el productor averso al riesgo debe seleccionar el nivel de reducción que maximiza su utilidad esperada de los beneficios,

$$\mathbf{p}_i = \mathbf{p}_i^0 - c_i(q_i) + S_i(q)$$

Donde, \mathbf{p}_i^0 representa los beneficios fijos derivados de un producto dado. El nivel de utilidad esperada del productor derivado del cumplimiento del nivel de control socialmente óptimo, suponiendo que todos los otros productores cumplen, es representado como:

$$EU(\mathbf{p}_i(q_i^{**}, q_{-i}^{**})) = U(\mathbf{p}_i^0 - c_i(q_i^{**}) + b_i)$$

Donde, $q_{-i}^{**} = (q_1^{**}, q_2^{**}, \dots, q_{i-1}^{**}, q_{i+1}^{**}, \dots, q_n^{**})$. Ahora si el productor decide evadir, q_i^{**} , dado que el cree que todos los otros productores deberían cumplir, q_{-i}^{**} , su utilidad esperada de engañar y no reducir es:

$$EU(\mathbf{p}_i(q_i^*, q_{-i}^{**})) = \mathbf{s}_i U(\mathbf{p}_i^0 - c_i(q_i^*) - F_i) + \sum_{j \neq i} \mathbf{s}_j U(\mathbf{p}_i^0 - c_i(q_i^*) + b_i + \mathbf{f}_{ij}[b_j + F_j + \Gamma(a(q))])$$

El sistema de incentivos, subsidios y multas por no-cumplimiento, deberían llevarnos a niveles óptimos de reducción de contaminación si la utilidad esperada de evadir la regulación es menor que la utilidad esperada de cumplir con el nivel optimo de control de contaminación.

$$\Omega \equiv EU(\mathbf{p}_i(q_i^*, q_{-i}^{**})) - EU(\mathbf{p}_i(q_i^{**}, q_{-i}^{**})) < 0$$

Herriges et. al. (1994), demuestra que incrementos simultáneos en las multas para todos los productores incrementan la variabilidad de los beneficios esperados de evadir. Por consiguiente, si todos los productores son aversos al riesgo, las pérdidas en la utilidad esperada de cumplir y ser multado exceden las ganancias en utilidad de engañar y no cumplir, $\Omega_i < 0$. Un conjunto de productores neutrales al riesgo no debería salir afectados por el incremento en la variabilidad debido a que ellos capturan todo el beneficio marginal de evadir pero solo sufren una parte de los costos marginales. Pero con aversión al riesgo, esta fracción de costos marginales es magnificada por el productor miedoso de perder ganancias, y los permisos netos de evadir relativo a los de cumplir se hacen negativos.

Govindasamy et. al. (1994) identifican una alternativa de regulación que supera los problemas de los impuestos al ambiente y las multas aleatorias, un ordenamiento ambiental con base en la competencia. Este esquema puede ser utilizado para hacer de manera rápida la disposición de un volumen de información sobre el uso de insumos o sobre los esfuerzos en el control de la contaminación para construir un ordenamiento ordinal del conjunto de productores. Una ventaja de este sistema es que el ordenamiento ordinal de los productores a través de alguna variable proxy sobre el control de contaminación actual provee información menos costosa que la necesaria para hacer un ordenamiento cardinal como el requerido por los impuestos al ambiente.

Este sistema intenta ordenar a los productores a través de las acciones que toman para controlar la contaminación en vez de hacer una asignación aleatoria como lo plantea el esquema de multas aleatorias. Por ejemplo, en el caso de la contaminación por nitrato, la entidad reguladora debería monitorear la superficie del agua para toda un área, ordenar a todos los productores según los insumos que utilizan o su esfuerzo en el control, y luego penalizar a uno o más productores que estén en las posiciones más bajas del ordenamiento, si las concentraciones de contaminantes en el ambiente del área sobrepasan los estándares establecidos.

Alternativamente, la entidad reguladora puede premiar a los productores que se encuentren en las posiciones más altas del ordenamiento si las concentraciones de contaminantes en el ambiente son menores que las establecidas por el estándar. Los premios y multas dependen del ordenamiento relativo de los productores y nada en absoluto del nivel de emisiones reducido.

Además, este tipo de incentivo no necesita información acerca de la distribución de los efectos climáticos. Una entidad reguladora que no pueda observar un shock climático, no debería empeorar más que un regulador que si observa el shock. Una entidad reguladora que puede administrar un sistema de impuestos a emisiones o impuestos al ambiente puede reducir sus costos mediante el uso de un sistema de competencia que requiere menos información. La desventaja de la competencia no puntual es que, si la información utilizada para la construcción del ordenamiento ordinal se encuentra sesgada por el resultado de un sistema de transporte – destino heterogéneo, el sistema de competencia debería enviar señales equivocadas para los productores y los productores caerían en un error que debería ser penalizado o premiado.

Suponga que la entidad reguladora quiere armar un ordenamiento ambiental con base en la competencia entre dos productores ($i = 1, 2$). El nivel de control de contaminación actual de un productor, q_i , no puede ser perfectamente observado por el regulador. En vez de esto la entidad reguladora puede observar una variable proxy, z_i , para el control de contaminación que es construido a partir de uno o más acciones observables tales como elección de tecnología. Suponemos que la relación entre el control actual, q_i , y la medida proxy, z_i , toma la siguiente forma:

$$q_i = f(z_i) + e_i \quad (5.12)$$

Donde, $f(z_i)$ representa la transformación del esfuerzo de control de contaminación, con $f'(z_i) > 0$, y e_i es el factor aleatorio que debería incluir los eventos climáticos o las características desconocidas del productor.

La entidad reguladora paso a paso establece la competencia primero a través de un esquema de premios fijo tal que la ganancia del premio es igual a P , mientras que el premio del perdedor es p , $P > p$. La entidad reguladora ordena a los dos productores sobre la base de la medición de la variable proxy sobre el control de contaminación, y determina el ganador y el perdedor. Para mantener un presupuesto balanceado, el regulador impone un premio total igual al valor económico del nivel de control de contaminación socialmente óptimo, $P + p = Vq^{**}$, donde V es el beneficio marginal por unidad de control y $q^{**} = q_1^{**} + q_2^{**}$ es el nivel de control socialmente óptimo.

Operando dentro del sistema de competencia con un premio fijo, el productor i neutral al riesgo selecciona el nivel de esfuerzo, z_i , que maximiza sus beneficios esperados, dado los costos del esfuerzo, $c_i(q_i)$:

$$Ep_i = p_i^0 + s_i(q_1, q_2)[P - c_i(z_i)] + (1 - s_i(q_1, q_2))[p - c_i(z_i)] \quad i = 1, 2 \quad (5.13)$$

Donde, p_i^0 representa los beneficios sin gastos en control de contaminación, y $s_i(q_1, q_2)$ es la probabilidad de que el productor i gane el premio mayor, P ,

$$s_i(q_1, q_2) = \text{Probabilidad}(q_i > q_j)$$

Suponga que la probabilidad de que el productor i gane incrementos en P a como se incrementan sus costos de control o como disminuyen los costos de control del productor j , $\partial s_i / \partial q_i > 0$ y $\partial s_i / \partial q_j < 0$.

Sustituyendo la ecuación (5.12) en la (5.13), el problema del productor i de seleccionar in nivel de control de contaminación para maximizar los beneficios esperados resulta en:

$$(P - p)(\partial s_i / \partial q_i)(f'(z_i)) = c_i'(z_i) \quad i = 1, 2 \quad (5.14)$$

Los beneficios marginales de incrementar el control de la contaminación son representados por el lado izquierdo de la ecuación (5.14): $(P - p)$ es la diferencia entre el premio grande y el pequeño, $(\partial s_i / \partial q_i)$ es el incremento en la probabilidad de ganar el premio grande y $f'(z_i)$ es el incremento marginal en el control actual dado que el esfuerzo se incrementa.

Los costos marginales son representados por el lado derecho de la ecuación (5.14), $c_i'(z_i) = \partial c_i / \partial z_i > 0$. Ahora si el regulador establece la brecha del premio por un valor igual al del beneficio social por unidad reducida dividido por la probabilidad marginal de ganar el premio grande:

$$(P - p) = V / (\partial s_i / \partial q_i) \quad (5.15)$$

Los productores deberían tener un incentivo para seleccionar el nivel óptimo social de control de contaminación, z_i^{**} . Para ver esto, sustituya la ecuación (5.15) en la ecuación (5.14), con lo cual resulta:

$$V f'(z_i^{**}) = c_i'(z_i^{**}) \quad i = 1, 2$$

El productor iguala su costo marginal privado de control de contaminación con el beneficio marginal social ($V f'(z_i^{**})$) del control. El esquema de premios a los productores bajo competencia por incrementar sus esfuerzos de control al nivel socialmente óptimo.

5.3.2. Depósitos Reembolsables.

Bajo el sistema de depósitos reembolsables los compradores de productos potencialmente contaminadores pagan una sobretasa. Luego, esta sobretasa es reembolsada cuando ellos regresan el producto o cuando se mejora un lugar para el reciclaje o disposición de los desechos del producto. Por medio de este mecanismo se puede premiar a los productores que manifiestan un comportamiento compatible con el medio ambiente. Este sistema ha sido empleado en un gran número de países en el mundo para disponer los contenedores de bebidas. India, Siria, Líbano, Egipto Chipre, Australia, Canadá, Francia, Alemania, Suecia y los Estados Unidos, entre otros, han utilizados depósitos reembolsables para regular algunas clases particulares de contenedores de bebidas. Este sistema también puede ayudar a prevenir sustancias tóxicas en el ambiente a partir de la disposición de baterías, la incineración de plásticos o residuos de los contenedores de pesticidas. Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suiza tienen estudios acerca de cómo implementar tales sistemas para otros artículos tales como baterías con un alto contenido de mercurio y cadmio. Uno de los hechos que confirman el buen funcionamiento de los sistemas de depósitos reembolsables es la urgencia de los mercados por asegurar la disposición de desechos. A través de este sistema se paga a las personas por regresar los desechos a la economía. Si algunas personas batan las latas y demás desechos, otras personas tienen incentivos a encontrarlos y regresarlos. Desde un punto de vista económico, el sistema de depósitos reembolsables es eficiente. Este provee beneficios económicos para los que se comportan de manera amigable con el medio ambiente e impone costos a los que se portan mal. Estos sistemas también son eficientes desde el punto de vista administrativo debido, a que mientras el depósito sea pagado, no es necesario que las autoridades ambientales se involucren (Hanley, Shogren y White , 1997 recomiendan ver Bohm, 1981, para conocer todo el estudio).

5.3.3. Bonos de Ejecución.

Un bono de ejecución es un mecanismo directo diseñado para inducir en el productor un incentivo deseable desde el punto de vista social (ver Bohm y Russell, 1985). Bajo este sistema el productor compra un bono antes de iniciar su actividad, decomisando el bono, decomisando el bono si su actividad causa un daño ambiental o si el contaminador sobrepasa el estándar ambiental establecido. El bono incrementa el costo de evasión, reduciendo el incentivo al fraude. Este mecanismo es menos común que las multas por no-cumplimiento y es aplicado principalmente en situaciones directas de daño ambiental, por ejemplo, el daño producido por la actividad minera. La eficiencia administrativa de las multas por no-cumplimiento es menor debido a que hay un alto porcentaje de casos deben ser atendidos en la corte.

Los bonos pueden reducir el incentivo a la evasión. Con monitoreo perfecto, el valor del bono debería ser igual o exceder al valor del daño. Con monitoreo imperfecto, el valor del bono debería reflejar el tanto el valor del daño como la probabilidad de detección del daño. Cualquier combinación entre la detección de la probabilidad y la magnitud del bono debería llevarnos al resultado deseado. Por consiguiente, debido a que la entidad reguladora gasta recursos reales en el monitoreo del comportamiento, pero no en la recolección del bono, la estrategia más eficiente de la entidad reguladora es encontrar una probabilidad de detección del daño tan baja como sea posible siempre que el valor del bono sea establecido tan alto como sea posible. Esta es la clásica solución económica para la evasión. La entidad reguladora al hacer que los productores compren bonos esta asegurando que los costos actuales de estas empresas se incrementen significativamente, si ellos están pensando evadir los controles ambientales. Ahora el productor debe tomar en cuenta que si la entidad reguladora identifica su falta por violación a los controles de la regulación, el productor inmediatamente perderá su bono e incrementará sus costos de producción. El productor internaliza su impacto sobre el bienestar social y debería tratar de proveer más esfuerzo en reducción de la que desea la entidad reguladora. Se presenta un aumento en el incentivo a proveer un nivel de control de contaminación o de actividades de precaución socialmente óptimo, dados los posibles costos de evadir.

Perrings (1989), identifica varios tipos de beneficios derivados de los bonos ambientales. El valor de registro debería requerir un registro explícito de los daños potenciales que los contaminadores podrían causar sobre los recursos naturales y ambientales. Mediante el requerimiento de que los productores tienen un bono, el costo del daño ambiental debería ser registrado, y por consiguiente abrirlo al debate público y al escrutinio. El valor de registro puede actuar como una referencia con la cual poder guiar los costos ambientales de futuras actividades innovativas. Al forzar al productor a poseer su bono se cambia el nivel de beneficios del productor desde el punto de vista de la sociedad. En vez de llevar al productor ante la corte para probar que no fue el responsable de los daños, ahora el productor debe probar que no ha ocurrido ningún impacto sobre el ambiente para evitar la confiscación del bono por parte de la entidad reguladora.

El valor del bono esta determinado por el impacto ambiental potencial de las acciones del productor. Si un productor muestra que los costos del daño ambiental es menor que los costos del bono, el valor de este último puede ser reducido. Por consiguiente, la empresa tiene un incentivo para invertir recursos en actividades de monitoreo y registro del daño para descubrir el verdadero valor del daño ambiental o incrementar el uso de insumos más benignos para el medio ambiente. Perrings (1989), también a sugerido que debido a que el valor del bono es fijo, se puede generar un ingreso adicional del pago de intereses de este dinero lo cual puede servir como recursos adicionales para investigar los efectos del daño ambiental derivados de la producción.

Sin embargo, los bonos son raramente utilizados en política ambiental. Shogren et. al. (1993), identifica tres limitaciones claves de los bonos ambientales:

- Riesgos Morales.
- Restricciones de Liquides.
- Restricciones Legales sobre los Contratos.

Los riesgos morales existen cuando las acciones de la entidad reguladora son no observables por los productores. Si la entidad reguladora esta interesada en maximizar sus beneficios privados en vez de los beneficios sociales, existe la posibilidad de que el Gobierno declare al productor como un evasor y por consiguiente confisque el bono. Cuando la entidad reguladora es la única vendedora de bonos, el productor no tiene elección, sin embargo, el productor puede no comprar el bono o no hacer negocios en ese país. Dado que las acciones legales son extremadamente costosas, el productor puede explorar nuevas oportunidades. Un productor que quiere hacer negocios en un país extranjero debe enfrentar el riesgo de que el Gobierno sea injusto y decida confiscar su bono. Apelar ante una tercera parte puede ser ineficiente ya que se carece de una corte institucional donde se lleve el caso. Si al menos existiera una tercera parte imparcial, el productor no tendría incentivos para poseer un bono debido al riesgo potencial que genera el Gobierno.

Las restricciones de liquides existen cuando un productor es forzado a poseer un bono ex antes, pero este no cuenta con los recursos para adquirirlo. Cuando se necesita un bono con un gran valor, el productor puede tener insuficiencia en liquides de activos para hacer su depósito ex antes. Si el productor no posee el bono, el proyecto puede ser abandonado, siempre que desde el punto de vista del bienestar social la propuesta pueda ser benéfica. Una posible solución podría ser los seguros de mercado para dispersar el riesgo de la empresa de no tener los recursos para poseer el bono. Sin embargo, el tamaño del bono necesario para cumplir con meta ambiental, sugiere que los seguros de mercado deberían aumentar el riesgo de tener una demanda multimillonaria. El costo social de regresar de una política de regresar un bono ambiental debería ser significativo, incrementa la posibilidad de fraude sobre el préstamo.

La imperfección de hacer cumplir un contrato puede afectar la ejecución del bono por una variedad de razones, incluyendo las excusas de actuación, formación de defensas (por ejemplo, coacción, negociación del poder), ilegalidades e inhabilidad del regulador para hacer el trabajo. Suponga que un productor tiene un bono de ejecución confiscado debido a que se ha percibido que el no cumplió con los controles de la contaminación. El productor puede argumentar que se presentó algún problema en los procedimientos de definición del contrato lo cual originó un malentendido unilateral o mutuo, una mal interpretación o un desacuerdo (por ejemplo, amenazas, negociaciones deficientes e información asimétrica).

¿Cuándo un productor podría tener un bono ambiental?. Shogren et. al. (1993) identifica siete condiciones bajo las cuales los bonos pueden trabajar para solucionar los problemas ambientales:

- Buen conocimiento acerca de los costos del daño ambiental.

- Acciones observables del productor (ausencia de riesgos morales).
- Pocos agentes a administrar.
- Horizontes de tiempo fijo para las remesas.
- Resultados bien definidos.
- Probabilidad de ocurrencia.
- Efectos no irreversibles.
- Valores del bono relativamente pequeños.

Para muchas formas de contaminación, tales como las fuentes no puntuales, no se satisfacen estas condiciones: en el largo plazo los costos todavía no son conocidos con certeza, las acciones del productor son no observables, la entidad debe monitorear numerosos agentes y otros impactos sobre las funciones del ecosistema son ambiguas, el estado de la naturaleza todavía esta siendo identificado, y las restricciones de liquides pueden apurar el anuncio del valor del bono.

5.4. Racionamiento Vía Cantidades.

Crocker (1966) y Dales (1968) introdujeron la idea de racionamiento vía cantidades a través de los permisos mercadeables. Los permisos negociables especifican un nivel predeterminado de emisiones o concentraciones de emisiones en una región específica. Los permisos son iguales al nivel total permisible de emisiones los cuales son distribuidos entre todos los productores de la región. Los permisos pueden ser comerciados entre las plantas de un solo productor o entre productores. Los productores que mantienen sus niveles de emisiones por debajo de su nivel asignado a través de los permisos pueden vender o arrendar sus excedentes de permisos a otros productores o usarlos para compensar emisiones en otras partes para su propio beneficio. Para asegurar que tales permisos sirven para sus propósitos como incentivos para el cambio en el control de la contaminación deseable a nivel social, los niveles de emisiones totales son limitados hasta que los permisos sean valorados por los productores. Esta escasez crea un valor que genera un incentivo a comerciar permisos. Según Hanley, Shogren y White (1997), en los Estados Unidos se hace un uso limitado de los permisos mercadeables para controlar contaminación. Probablemente la mayor importancia de un sistema de permisos mercadeables son todos los desarrollos e implementaciones en el ámbito estatal para cumplir con los estándares federales de calidad del aire establecidos por el Congreso de los Estados Unidos en el Acta de Aire Limpio.

La principal característica del racionamiento vía cantidad con los permisos mercadeables es el cambio para los productores debido a como la entidad reguladora ahora considera el diseño y ubicación de las estrategias de control de la contaminación. Según Hahn (1989), la evidencia recolecta para Estados Unidos sugiere que los permisos no tienen un alcance significativo en la reducción de contaminación más que los estándares regulatorios, pero el costo unitario de reducción puede ser reducido de manera considerable. La evidencia es ambigua en cuanto a que si los permisos mercadeables han inducido más innovación tecnológica en el control de la contaminación que las restricciones tecnológicas impuestas por las reglas de comando y control.

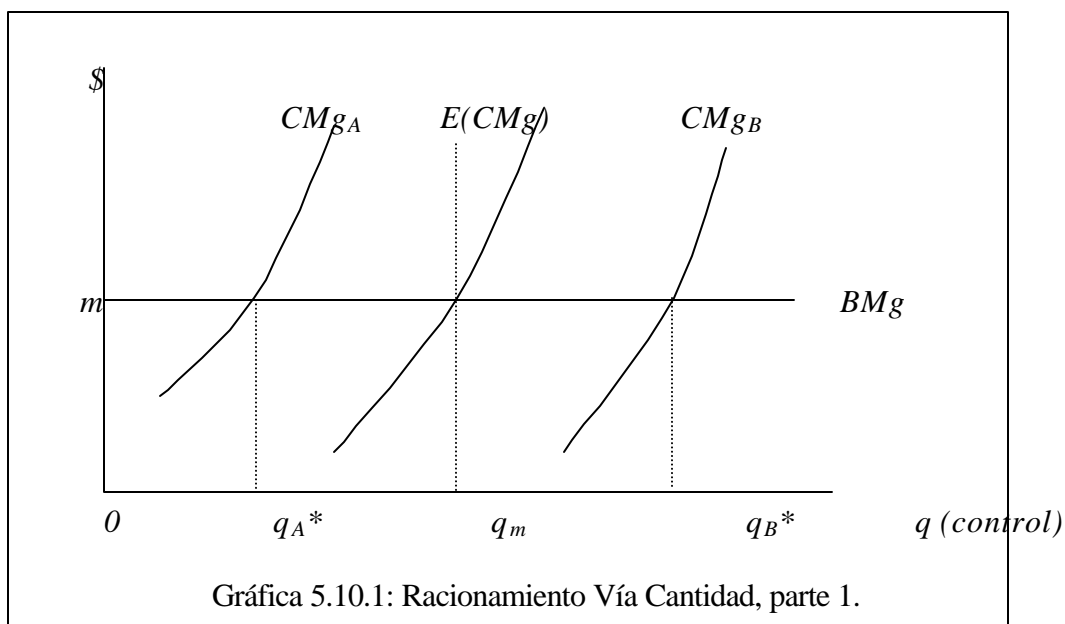
Los permisos mercadeables han probado no ser lo mejor desde el punto de vista administrativo. Su aplicación ha sido impedida por debates acerca del nivel base de emisiones, la necesidad de que el Gobierno apruebe todas las etapas de la política y el proceso en el cual los productores deben comprometerse con los propósitos de intercambio para llevar adelante un sistema de permisos negociables. Además, el proceso de intercambio de permisos tiene dimensiones técnicas, financieras y legales las cuales pueden ser dirigidas antes de que ocurra el intercambio de permisos.

La entidad reguladora debe tener suficiente conocimiento del diseño del mercado. Esto incluye el conocimiento de cómo establecer el período de tiempo de vigencia de los permisos, si va ser semanal o mensual, conocer la clase de información necesaria para asignar los permisos de manera eficiente y justa, conocer como obtener datos del monitoreo y comprobación y conocer el tipo de trabajo de inspección más adecuado. El productor también necesita conocer algo sobre estos tópicos si ellos piensan hacer buenas decisiones con respecto a la compra y venta de permisos. Los permisos mercadeables también necesitan una estructura legal para definir los derechos de propiedad sobre el intercambio de permisos y para asegurar que estos derechos estén bien definidos y se hagan cumplir. La naturaleza de los permisos y los términos de intercambio tienen que ser especificados cuidadosamente.

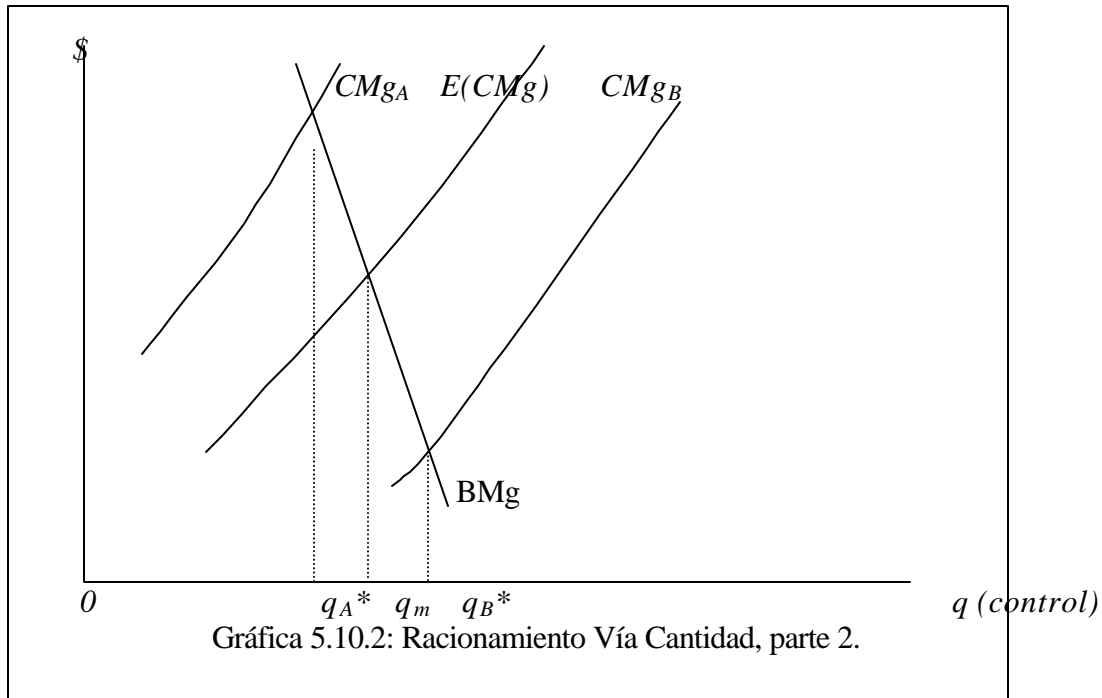
Hahn y Noll (1990), identifican varios criterios que debería satisfacer un sistema de permisos mercadeables para funcionar de manera eficiente. Primero, el número de permisos debería estar limitado y bien definido hasta que se les pueda dar un valor estimado de manera precisa. Segundo, los permisos se deberían intercambiar libremente con restricciones limitadas sobre el alcance de este intercambio, con esto se garantiza que aquellos productores que valoran los permisos se encuentren disponibles para comprar o mantener permisos. Tercero, los permisos deben poder ser almacenados para mantener su utilidad en vez de comprarlos y venderlos. Cuarto, el comercio de permisos no debería ser costoso en términos de costos transaccionales, para poder seguir manteniendo la entrada al mercado y seguir alcanzando el objetivo de eficiencia. Quinto, las multas por violación de un permiso deben ser mayores que el precio del permiso para dar un incentivo a los productores para jugar dentro de las reglas del mercado. Sexto, los permisos deberían ser expropiados solamente bajo circunstancias extremas debido a la necesidad de mantener cualquier nivel de bienestar ganado con el intercambio de permisos. Finalmente, se les debe permitir a los productores mantener cualquier nivel de ganancias resultante del comercio de permisos.

Si el regulador conoce los costos y beneficios marginales del control de la contaminación bajo certidumbre total, el nivel de permisos mercadeables puede ser impuesto a un nivel tal que conduzca a una reducción de emisiones socialmente optima. El número de permisos a imponer debería ser al nivel de control donde los beneficios marginales son iguales a los costos marginales, como en la gráfica 5.1. Dado que los permisos pueden ser intercambiados libremente, la oferta y demanda debería lograr que el precio del permiso sea igual al costo marginal y al beneficio marginal derivado del control, $m = BMg = CMg$. Note que bajo completa certidumbre el precio del permiso en el mercado debería igualar el valor del impuesto a para el nivel de emisión optimo, $m = t = BMg = CMg$.

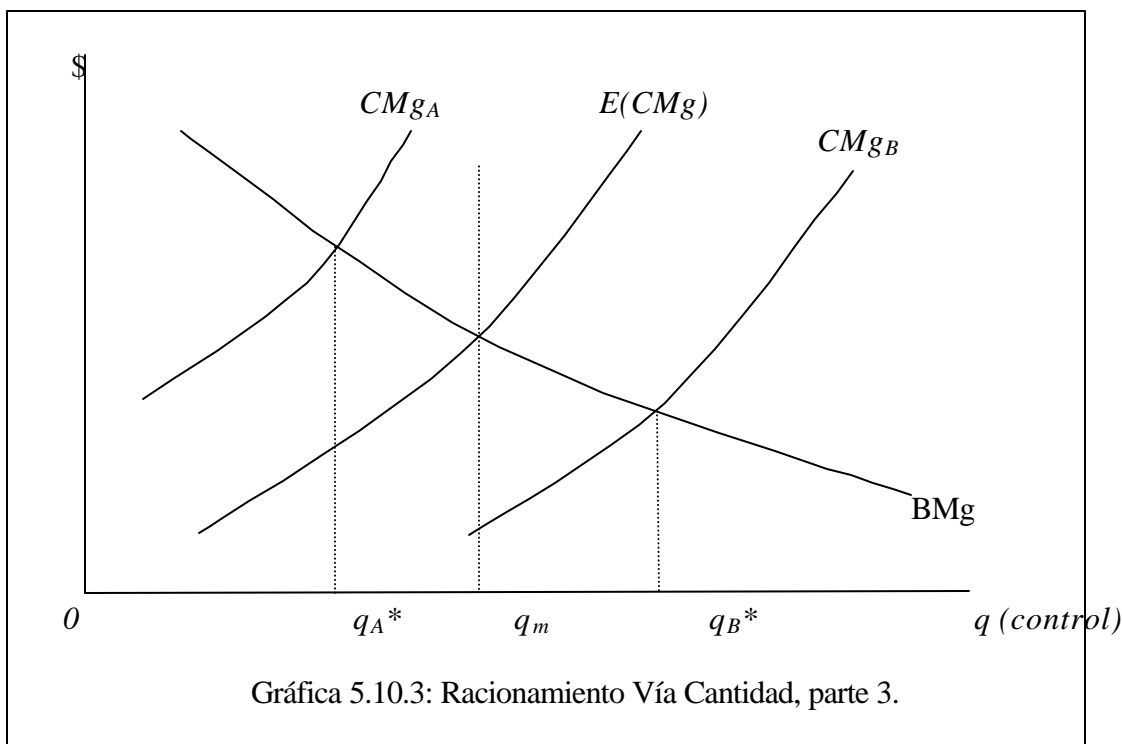
Ahora suponga que los costos de control son inciertos. Las gráficas 5.10.1, 5.10.2 y 5.10.3 muestra la efectividad de un sistema de permisos mercadeables dados los tres casos de beneficios marginales considerados en el capítulo 4. La gráfica 5.10.1, presenta el caso en que la pendiente de la curva de beneficios marginales es una línea recta, bajo este esquema los impuestos a emisiones trabajan pobremente. La entidad reguladora logra que el número de permisos mercadeables, al nivel de impuestos a emisiones, q_m , al nivel donde los beneficios marginales, BMg , es igual al costo marginal esperado, $E(CMg)$. Ahora, si los costos marginales verdaderos son menores que los esperados, $CMg_B < E(CMg)$, el esquema de permisos negociables conduce a un nivel de reducción de emisiones demasiado pequeño, $q_m < q_B^*$. El esquema de permiso no puede ajustarse a los menores costos si el número de permisos es fijo, por consiguiente nos lleva a una ineficiencia que termina en un menor nivel de reducción.



Ahora si los costos verdaderos son mayores que los esperados, $CMg_A > E(CMg)$, demasiado control de contaminación esta siendo utilizado, $q_m > q_A^*$. De nuevo la cantidad de permisos no se ajusta a los costos de control. Para el caso de una curva de beneficios marginales pendiente constante, un sistema de impuestos al ambiente es preferible a un sistema de permisos mercadeables. En la gráfica 5.10.2 se presenta una curva de beneficios marginales con una pendiente negativa muy pronunciada. Aquí el sistema de permisos negociables tiene un buen desempeño. Si los costos de control verdaderos exceden o resultan menores a los costos marginales esperados, el nivel de control de contaminación socialmente optimo es cercanamente alcanzado, $q_m @ q_B^* @ q_A^*$. Bajo esta situación el sistema de permisos negociables es preferido al sistema de impuestos al ambiente.

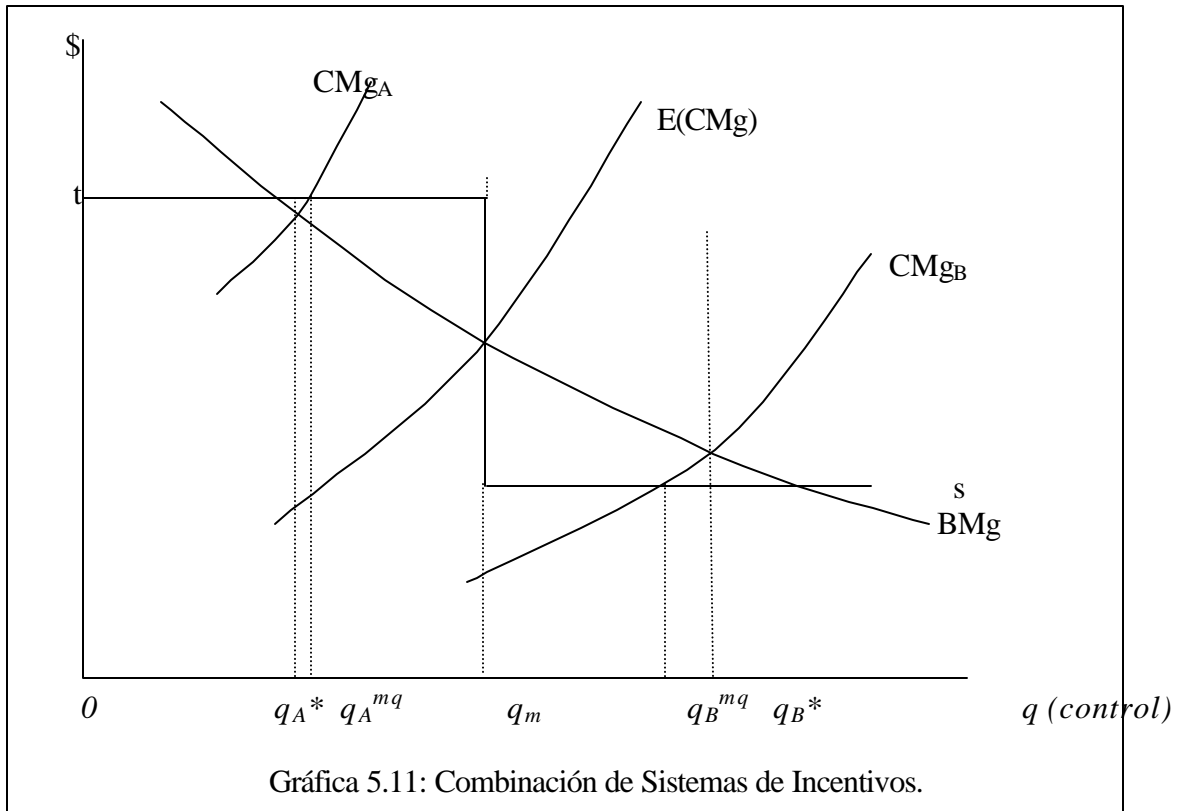


La gráfica 5.10.3 presenta el caso intermedio donde los permisos conducen a ineficiencias, pero la magnitud de la ineficiencia es reducida con relación al caso en el que la curva de beneficios marginales tiene pendiente constante. Si los costos de reducción verdaderos resultan mayores que los esperados el sistema de permisos conduce a un nivel excesivo de reducción, $q_m > q_A^*$. Pero, si los verdaderos costos marginales de reducción resultan menores que los esperados, existe un nivel demasiado pequeño de reducción, $q_m < q_B^*$. En este caso, esto no es claro si un esquema de permisos es preferido a uno de impuestos al ambiente. El esquema preferido debería depender en última instancia de las pendientes de las curvas de costos y beneficios marginales de reducción y la divergencia entre los costos y beneficios actuales y los esperados. Uno puede construir escenarios alternativos si los esquemas de impuestos o los de permisos son preferidos, dependiendo de las pendientes relativas de las curvas de costos y beneficios marginales de reducción.



Sin embargo, Roberts y Spencer (1976), notan que un sistema combinado impuestos – permisos pueden ser más efectivos que un sistema de impuesto o un sistema de permisos por separado. La idea con este sistema es combinar las fortalezas relativas de ambos esquemas. La fortaleza del sistema de permisos es que protege contra la posibilidad de generar niveles extremadamente altos de daños ambientales mediante la provisión de un incentivo para reducir más contaminación cuando los costos de control son mayores que los esperados. La fortaleza de un sistema de impuestos es que provee un incentivo a controlar más contaminación que el permiso cuando los costos de control son menores a los esperados. Al combinar estos dos esquemas, se obtiene un productor más flexible a responder ante cambios en las condiciones de mercado.

La gráfica 5.11 muestra el caso de combina un esquema de impuestos con uno de permisos. La entidad reguladora utiliza el esquema combinado para aproximarse a la función de beneficio marginal mediante la imposición de un impuesto, t , subsidio, s , y un nivel de permisos, q_m . Suponga que los verdaderos costos marginales de control son mayores que los esperados, $CMg_A > E(CMg)$. El esquema combinado debería resultar en un nivel de control de contaminación mayor que el nivel de control óptimo, $q_A^{mq} > q_A^*$, pero no tan alto como si estuviera operando el sistema de permisos por separado, $q_m > q_A^{mq} > q_A^*$.



Los impuestos trabajan para disminuir la ineficiencia asociada con grandes desviaciones entre los costos marginales actuales y los esperados. Si el costo cae en un rango $t > m > s$, el óptimo privado iguala al óptimo social. Idealmente, el sistema combinado debería tener numerosos niveles al pasar por esta función hasta que se aproxime lo más cercanamente posible a la curva de beneficio marginal. Mediante él quiebre hacia abajo de los pasos, el esquema inicia con un enfoque teóricamente factible, pero difícil para construir un esquema de impuestos variable que ayude a la entidad reguladora a alcanzar el óptimo social con un sistema descentralizado.

5.5. Criterios de Evaluación.

Los juicios acerca del grado de utilidad y facilidad de los incentivos económicos que hemos discutido pueden estar basados en la extensión de los siguientes criterios:

- Efectividad.
- Eficiencia.
- Equidad.
- Flexibilidad.

Sin tener en cuenta el componente teórico, un esquema de incentivos debería fallar si este no es efectivo en la reducción de los daños de la contaminación, no es aceptable debido a que no es eficiente en el cumplimiento de las metas, viola las normas sociales de equidad y carece de flexibilidad para cambiar junto con la dinámica económica, tecnológica y las condiciones ambientales.

5.5.1. Efectividad.

La efectividad de un incentivo depende del éxito en el alcance de los objetivos en el control de la contaminación planteados por la entidad reguladora. Según Hanley, Shogren y White (1997), si el objetivo de la entidad reguladora es asegurar un nivel de emisiones dado, el racionamiento vía cantidad a través del esquema de permisos mercadeables aparece como el preferido. Según estos autores, un sistema de permisos establece una cantidad fija de emisiones en una región específica y ofrece un mayor campo de predicción y control por encima de las emisiones reducidas. Por consiguiente, si el riesgo asociado con pequeños incrementos en las emisiones es diagnosticado como alto, la estrategia prudente debería ser el uso de un sistema de permisos mercadeables para estrechar la diferencia potencial entre las emisiones actuales y la prescrita por el estándar de emisiones.

Sin embargo, si el objetivo de la entidad reguladora es mantener más certidumbre acerca de los costos de control de la contaminación, el racionamiento vía cantidad no es una herramienta tan efectiva como lo es el racionamiento vía precios a través de un esquema de impuestos. Los impuestos logran un costo específico para las emisiones, sin embargo, el nivel de control de contaminación es incierto (lo opuesto del sistema de permisos mercadeables). Si la entidad reguladora cree que existe un grado de incertidumbre significativo con respecto a los costos de control y el riesgo de cambiar lentamente a medida que se incrementan las emisiones, la estrategia a seguir puede ser el uso de un sistema de impuestos que ofrece más predicción en los costos de control y acepta la variabilidad en el nivel de control de contaminación. Esto es especialmente verdad si el impuesto no es colocado lo suficientemente alta para motivar a los productores a incrementar su control de contaminación. Los productores pueden simplemente pagar el impuesto y no reducir emisiones.

El debate de la efectividad es usualmente basado en la teoría, no en la experiencia, debido a que los sistemas de incentivos no se han utilizado bastante como para hacer una descripción detallada de sus fortalezas y debilidades. No es claro que la ventaja de la efectividad de los impuestos a emisiones debería ser cierta al relacionarla con aplicaciones prácticas de este instrumento. El uso de incentivos en economías de mercado ha producido poca evidencia que señale un estímulo a un comportamiento innovativo en las tecnologías de control de la contaminación. Dado que la mayoría de los impuestos no son lo suficientemente altas para motivar a los productores a cambiar su comportamiento, la entidad reguladora debería considerar incrementos en los impuestos a emisiones y reducción en los estándares de emisión para incrementar el control de la contaminación.

5.5.2. Eficiencia.

La eficiencia implica que los objetivos de la entidad reguladora son alcanzados al menor costo posible. En principio, el racionamiento vía cantidad con permisos mercadeables y racionamiento vía precios con los impuestos a las emisiones son igualmente eficientes. Sin embargo, en la práctica, la eficiencia de los dos sistemas puede diferir significativamente, dependiendo de las características y fuentes de contaminación. El resultado crítico es el costo de monitoreo y de cumplimiento. Una impuesto a emisiones requiere datos continuos sobre las cantidades de emisiones de las fuentes controladas.

La entidad reguladora también debe tener capacidad administrativa para usar los datos para lograr colocar una impuesto apropiada y poder recolectarla. Si la entidad reguladora quiere utilizar un sistema de permisos mercadeables, necesita reglas de intercambio y organización en el mercado de permisos, debe monitorear los intercambios entre productores y debe determinar los permisos que están vendiendo los productores para reducir sus emisiones de manera apropiada. Con un gran número de productores, el monitoreo continuo y el requisito de cumplimiento pueden ser costosos. Pero si no existen bastantes productores, no puede haber bastante competencia por los permisos, y el mercado debería ser ineficiente.

Otra vez, la carencia de experiencias de largo plazo con estos tipos de incentivos permite hacer juicios especulativos acerca de la eficiencia relativa de estos. Hanley, Shogren y White (1997), mencionan que la experiencia de Estados Unidos apunta a que existen más ahorros en costos con permisos mercadeables que con impuestos a emisiones. Sin embargo, en las economías en transición y en desarrollo, con las restricciones tecnológicas y una limitada capacidad administrativa, con recursos para financiamiento escasos, y las limitaciones en cuanto a recursos administrativos e institucionales para el monitoreo y el cumplimiento de los controles de emisiones dan más ventaja a los impuestos a emisiones, por encima de los permisos mercadeables. El establecimiento de sistemas de incentivos vía racionamiento de precios probablemente no debería requerir del establecimiento de nuevos sistemas administrativos debido a que la mayoría de países tienen sus instituciones para aplicar impuestos a una serie de actividades de la economía. En cambio, la mayoría de los países necesitarían crear nuevos aparatos institucionales para implementar y manejar los sistemas de permisos mercadeables.

5.5.3. Equidad

Los incentivos económicos pueden influenciar la distribución de costos y beneficios entre los miembros de la sociedad. Estos efectos en la distribución de igualdad y desigualdad, para el presente y para las futuras generaciones. La entidad reguladora debe identificar a los ganadores que capturan los beneficios de limpiar el ambiente y los perdedores que tienen que cargar los costos financieros de dichas mejoras. Por ejemplo, la entidad reguladora puede asignar implícitamente los derechos a contaminar para usarse ya sea como un impuesto o un subsidio. El principio del que contamina paga utiliza en el oeste de Europa fuerza a los productores a pagar los costos del control, los impuestos a emisiones o la compensación a cualquier víctima que sea dañada por las emisiones. El productor no tiene el derecho a contaminar, y debe pagar por sus emisiones o daños. De manera alternativa, la entidad reguladora podría asignar a los productores los derechos a contaminar, y dar un subsidio a la sociedad para que aumenten sus niveles de control de contaminación. De esta forma, la entidad reguladora intenta mantener al productor en operación, protegiendo los trabajos y promoviendo el crecimiento económico. La equidad y la eficiencia muy a menudo entran en conflicto, por ejemplo, proteger los trabajos de la ineficiencia de los productores no necesariamente aumenta el tamaño del pastel económico.

El impuesto generado por un sistema de incentivos a los productores es una disminución en los beneficios y en el margen de competencia de la industria, tanto en el ámbito doméstico como internacional. Si un impuesto aumenta los costos hasta que un productor deja de ser competitivo en los mercados nacionales y mundiales, sus beneficios caen e incluso algunos productores dejarán la industria o se moverán a otros países. En el caso de impuestos a emisiones, algunas empresas contaminan menos que otras debido a las diferencias en las condiciones locales o debido a diferencias en la disponibilidad relativa de insumos menos contaminadores versus insumos mayormente contaminadores. Si a todos se les imputa un impuesto de acuerdo con sus emisiones, los productores de las áreas en donde se paga menos impuesto deberían tener una ventaja sobre las empresas de las otras áreas. La ubicación debería también afectar la cantidad de daño ambiental causado por un nivel dado de emisiones, así que un impuesto uniforme para las emisiones, en algunos casos, debería ser percibido como inequitativo.

La equidad también incluye la impuesto relativa impuesta a los consumidores, a los negocios y a los trabajadores. El entendimiento de la equidad requiere del conocimiento de cómo los costos de un esquema de incentivos pueden ser cambiados de los productores a los consumidores a través de incrementos en los precios, o retrocesos para los trabajadores a través de disminuciones en los niveles de salarios o menores precios pagados por los materiales. La facilidad con la cual puede cambiar sus costos depende de las condiciones competitivas en insumos, trabajo y productos de mercado. Un gran número de consumidores con oportunidades de sustitución limitadas y solamente unos pocos productores sugiriendo que los costos deberían ser pasados a los consumidores en la forma de mayores precios, generan una situación de inequidad que afecta directamente a los consumidores. Sin embargo, si hay pocos consumidores con una gama amplia de oportunidades de sustitución comprando a un gran número de productores crea una situación en donde cada productor debe aceptar su propia reducción en beneficios o tratar de pasar los costos a los trabajadores o a los oferentes de insumos. El nuevo costo generado por el impuesto debería seguir la senda de menos resistencia económica, según se dé cualquiera de las dos anteriores situaciones.

5.5.4. Flexibilidad para Alcanzar los Objetivos.

Un incentivo económico debería adaptarse a los cambios en los mercados, en la tecnología, en el conocimiento y en las condiciones sociales, políticas y ambientales. Dada la dificultad de alcanzar un objetivo social, el incentivo debería ser lo suficientemente flexible para acomodar varios tipos de uso. Por ejemplo, la flexibilidad de un impuesto a emisiones depende de la habilidad de la entidad reguladora para responder a los cambios en la emisiones. Si para alterar un impuesto se necesitan varios niveles de autoridad, el cambio puede ser demasiado lento e ineficiente. La flexibilidad también requiere que el impuesto este indexado por la inflación. En países en donde los precios se inflan desde un 50 hasta un 1000 % cada año un impuesto fijo a emisiones debería perder toda su efectividad en la reducción de la contaminación o generación de recursos. Un impuesto indexado por la inflación debería ser más flexible que uno en el que se necesite de una agencia administradora que sirva como autoridad para ajustar cada año el impuesto (ver Zylicz, 1994, para una discusión sobre la indexación del sistema de impuesto en Polonia).

Un sistema de permisos mercadeables asigna un valor del permiso para transacciones entre los productores que participan en el mercado. Estos precios se ajustan a los cambios económicos, tecnológicos y las condiciones de inflación en la medida en que estas condiciones cambiantes afecten las decisiones de participación de los productores y sus tasas de emisiones. Por ejemplo, si se desarrolla una nueva tecnología para reducir emisiones, el mercado de permisos debería reflejar este cambio a través de desplazamientos en la oferta y demanda de permisos. Esto debería afectar el precio de los permisos. Debido a estas características, los sistemas de permisos mercadeables pueden proveer más flexibilidad en el precio que los impuestos a emisiones, pero menos flexibilidad en el nivel de emisiones totales.

5.6. Condiciones Prácticas para el Uso de Incentivos Económicos.

Se requiere de ciertas condiciones antes de que un incentivo económico pueda ser utilizado de manera efectiva para promover la protección ambiental. King et. al. (1993) discute un conjunto de condiciones necesarias:

- Adecuada Información Base y Capacidad Administrativa.
- Estructura Legal Fuerte.
- Mercados Competitivos.
- Capacidad Administrativa.
- Factibilidad de las Políticas.

5.6.1. Información Base.

El uso efectivo de los incentivos económicos requiere información sobre los costos y beneficios de diferentes alternativas de incentivos y un reconocimiento de los ganadores y perdedores de estos, información sobre las oportunidades tecnológicas e institucionales y las restricciones en el control de la contaminación y las posibilidades de sustitución que la entidad reguladora debería dar a los productores para evaluar los intercambios potenciales entre control de contaminación y procesos de producción. Esta información necesita ser recolectada, almacenada y dispersada para proveer una base de conocimientos adecuados para la implementación de cualquier incentivo económico.

Los incentivos son probablemente menos efectivos cuando los objetivos esperados de política no son claros o cuando la estructura legal no está plenamente establecida a través de la legislación ambiental. La legislación debe especificar claramente el orden jerárquico de las autoridades, el rango y la asignación de la jurisdicción y los fundamentos legales de las partes afectadas. La entidad reguladora también necesita especificar que indicadores de mejora en la calidad ambiental y el bienestar de las personas deben ser utilizados para el éxito de las evaluaciones, debe proporcionar las herramientas y las reglas para una buena medición.

La entidad reguladora que quiere alcanzar un nivel de contaminación socialmente óptimo debería estar restringida por su propia capacidad administrativa para implementar cualquier sistema de incentivos económicos. La entidad reguladora necesita un equipo de personas capaces de implementar, monitorear y hacer cumplir las políticas ambientales. De igual manera, también los productores necesitan de un equipo de personas capaces de determinar las consecuencias de sus operaciones bajo un esquema regulatorio. Como resultado de esto, la entidad reguladora debería combinar las ganancias en eficiencia de los incentivos económicos con estrictos estándares bajo comando y control para promover el control de la contaminación.

5.6.2. Estructura Legal.

El uso efectivo de un incentivo económico requiere de una estructura legal para definir derechos de propiedad de manera clara, de manera que la autoridad legislativa brinde al incentivo económico una serie de reglas acerca de las implicaciones legales y de jurisdicción claras para el uso efectivo del incentivo. Un esquema de derechos de propiedad efectivo requiere que los derechos de propiedad sean respetados y a su vez puedan ser transferidos, que se tenga un perfecto acceso y control de los recursos, lo cual implica una exclusividad para el dueño en cuanto al acopio de los beneficios generados por el recurso y una obligación para asumir los costos administrativos y de mantenimiento de este.

Bajo esta definición, todos los derechos de propiedad mal definidos o conflictivos no deberían producir un conjunto de condiciones de acceso necesarias para que los incentivos económicos trabajen de la mejor manera. En muchas economías en transición y en desarrollo, los derechos de propiedad pueden ser un aspecto poco favorable para el uso efectivo de los incentivos económicos. Específicamente, para el caso de incentivos basados en derechos de propiedad privada no puede haber efectividad de este, si se cuenta con la presencia de libre acceso, propiedad común, o propiedad centralizada. Bajo regímenes de propiedad centralizada la condición de exclusividad en la recepción de los beneficios y obligación de cargar con los costos es violada. La evidencia recolectada a partir de las economías en transición indica que las entidades reguladoras operan bajo regímenes de propiedad centralizada donde a menudo no se pagan los costos de manejos ineficientes de los recursos.

La tenencia de una entidad reguladora a menudo depende más de conexiones políticas más que de su propio mérito, por consiguiente, estas entidades siempre ejecutan incentivos económicos que generan un pobre impacto sobre el control de contaminación.

5.6.3. Mercados Competitivos.

Los incentivos económicos deberían ser más efectivos si la competencia jugara un papel significativo en la economía y en las decisiones de la entidad reguladora. Si no existe un mercado competitivo, sería difícil crear un mercado de permisos. Los incentivos económicos son más ventajosos, relativos a la regulación directa, en mercados donde existe un gran número de compradores y vendedores. Mercados para crédito, seguros y manejo del riesgo e incertidumbre juegan un importante papel en el uso de incentivos económicos. Por ejemplo, los productores con restricciones de capital pueden encontrar problemas para obtener bonos ambientales al menos que ellos tengan acceso a fuentes de crédito. Sin estos mercados, los incentivos económicos que requieren de fuertes sumas de efectivo deberían dar una ventaja competitiva a grandes productores por encima de los pequeños que no pueden alcanzar los niveles de subsidios requeridos para enfrentar los nuevos costos por control de contaminación.

5.6.4. Factibilidad de las Políticas.

Mientras que los economistas puedan proveer los incentivos económicos como una herramienta costo – efectiva para aumentar el control de la contaminación, es la entidad reguladora la que debe hacer frente a los ganadores y perdedores resultantes de la ejecución de cualquier incentivo. En estos ganadores y perdedores se incluyen otras entidades reguladoras, productores e individuos afectados por las emisiones y por las organizaciones que representan a las víctimas de la contaminación. El tire y afloje de todos estos actores obliga a la entidad reguladora a ser más flexible en las políticas de regulación ambiental. Por ejemplo, un esquema de multas aleatorias no es políticamente factible, dado que un productor puede ser penalizado aún cuando el cumple con el nivel de reducción de contaminación socialmente óptimo, pero el resto del grupo de productores no lo haga. Los bonos ambientales también tendrían problemas si no se cuenta con una estructura de mercados lo suficientemente consolidada para brindar estrategias alternativas, sobre todo, para los productores pequeños. Esto traería consecuencias fatales sobre los niveles de empleo en la economía y de bienestar en la sociedad.

5.7. Conclusiones

Este capítulo se estudió la teoría general sobre incentivos económicos y la manera en como estos pueden ser usados para reducir las ineficiencias asociadas con las fallas de mercado. Las restricciones de información ahora dominan la mayoría de las discusiones sobre diseños de incentivos económicos para la protección ambiental.

La efectividad de todos y cada uno de los incentivos propuestos depende del volumen de información adquirido, de los tipos de comportamientos y de los ajustes sobre los niveles óptimos de los incentivos para reducir la potencial renta de información que representa un incentivo para que el productor evada la regulación ambiental.

Lo que se espera, es que en un futuro cercano a través de la evidencia empírica se pueda aprender más sobre el diseño y ejecución de incentivos económicos para mejorar las políticas de regulación ambiental en el futuro.