



## **La economía del cambio climático: Las políticas preventivas y sus costes**

***Cristina García Fernández***

Profesora del Departamento de Economía Aplicada V de la Facultad de Ciencias Política y Sociología de la Universidad Complutense de Madrid

E-mail: [cristinagarcia@cps.ucm.es](mailto:cristinagarcia@cps.ucm.es)

### **RESUMEN**

Desde los comienzos de la Revolución Industrial la concentración de algunos gases invernadero en la atmósfera se ha ido incrementando a una tasa sin precedentes en la historia de la Tierra. Hechos tales como el aumento de las temperaturas, disminución de los glaciares, cambios en los patrones pluviales, incrementos en la intensidad de las tormentas y aumento del nivel del mar confirman día a día la variación del clima de la Tierra. Los factores causantes del cambio climático son las emisiones de gases invernadero procedentes de la actividad humana, en concreto la utilización de los combustibles fósiles, la deforestación y la actividad agraria. Si en las próximas décadas no somos capaces de reducir las emisiones de los gases invernadero (GHG) por debajo de los niveles actuales, entonces el calentamiento global y el nivel del mar aumentarán durante los siglos venideros. Esto resultará en impactos más severos para la salud humana, los ecosistemas naturales y la economía en sí misma.

El riesgo de que el cambio climático endurezca los impactos hace que sea urgente el compromiso de tomar medidas significativas encaminadas a reducir las emisiones de GHG durante las próximas décadas. La política económica y la política medioambiental deben actuar conjuntamente en la consecución de este objetivo.

Este artículo pretende presentar, de forma sintética, la realidad actual del cambio climático, algunas de las políticas económicas que pueden prevenirlo o ralentizarlo y la importancia de los costes que de éstas se derivan.

### **INTRODUCCIÓN**

Actualmente, existen diversas perspectivas dentro del debate del cambio climático. Por un lado, están los que afirman que todavía se sabe poco sobre el calentamiento global y que existen tantas incertidumbres que los costes de una

política mitigadora deberían ser los únicos determinantes de las decisiones que se tomen. En el otro extremo se encuentran los que aseguran que los costes de las políticas reductoras de emisiones no son el objetivo a tener en cuenta. Piensan que los riesgos que impone el calentamiento global son tan altos que las emisiones deben ser inmediatamente controladas a cualquier coste.

La perspectiva que se adopta en este trabajo constituye una alternativa intermedia a las dos anteriores. Desde el punto de vista de la eficiencia económica es preciso que la aplicación de las medidas mitigadoras se haga de forma gradual, teniendo en cuenta que la ejecución de las políticas económicas de cambio climático y el control de ciertas variables de tipo económico y social conllevan una serie de costes. Ahora bien, particularmente importantes son los costes de reducir las emisiones de carbono, ya que estos pueden materializarse en pérdidas de producción o bienestar.

Por otra parte, cada vez hay una mayor evidencia de que los beneficios globales de una actuación rápida y seria para reducir las emisiones pueden compensar a los costes. Pero debemos reducir las emisiones al coste mínimo posible, hecho que se conseguirá utilizando las políticas económicas y de cambio climático adecuadas. Estas políticas deben apoyarse en la extensiva utilización de instrumentos de mercado con el fin de generar un precio global para las emisiones de GHG. Además ello debe ir acompañado de una mejor integración de los objetivos de cambio climático en las áreas de política más relevantes tales como la energía, transporte, construcción, agricultura o forestación, y otras medidas que aceleren la innovación tecnológica y su difusión.

Las políticas económicas preventivas del cambio climático constituyen el núcleo de medidas que son fundamentales (incentivos económicos) para ralentizar el avance del calentamiento global.

## **ANTECEDENTES**

El calentamiento global se ha convertido, en los últimos años, en uno de los temas científicos, políticos y económicos más relevantes. Cuando realmente se hizo de dominio público fue en la Conferencia de Toronto de 1988, encuentro internacional que patrocinó el gobierno canadiense en dicha fecha.<sup>1</sup> El consenso al que se llegó en este encuentro fue que los efectos del cambio climático eran secundarios solamente comparados con los de una guerra mundial, y que, por lo tanto, la humanidad debía dar inmediatamente los pasos necesarios para eliminar las emisiones de los gases invernadero (GHG). Esto llevó a la Asamblea General de las Naciones Unidas a crear el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (conocido por IPCC por sus siglas en inglés) para estudiar el problema e informar a la Asamblea General en 1990.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> La Conferencia de Toronto sobre la Atmósfera Cambiante, celebrada en junio de 1988 y organizada conjuntamente por el gobierno canadiense, la OMM (Organización Meteorológica Mundial) y el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), exigió la reducción de un 20% en las emisiones de dióxido de carbono para el año 2000, el establecimiento de un convenio mundial sobre la atmósfera y la creación de un fondo para facilitar la transferencia de tecnología a los países en desarrollo.

<sup>2</sup> La OMM y el PNUMA crearon en 1988 el IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) debido a la ya urgente necesidad de evaluar de manera formal y conjunta el problema del cambio

En agosto de 1990, el Grupo de Trabajo I del IPCC, que estaba formado por unos 300 científicos, confirmó la existencia del efecto invernadero y llamó la atención a escala mundial sobre la necesidad de adoptar políticas que eliminaran las emisiones de los gases invernadero.

La idea tradicional sobre la existencia de una correlación positiva entre crecimiento económico y calidad de vida hizo que la actual generación de países desarrollados persiguiera, mediante la industrialización, una política de desarrollo económico acelerado. Uno de los rasgos característicos de la industrialización moderna ha sido la demanda de grandes cantidades de energía. Esta demanda ha sido, en su mayoría, cubierta por la utilización de combustibles fósiles que, mediante su quema, han emitido, durante cientos de años, enormes cantidades de dióxido de carbono.

Gran parte de la investigación llevada a cabo hasta la fecha sobre el cambio climático ha sido realizada por los climatólogos. Su cometido principal ha sido estimar el grado de calentamiento actual, así como el período de tiempo que transcurre hasta que éste se transforma en temperaturas globales más elevadas. Para ello, elaboran predicciones sobre la demanda de energía futura. Basándose en estas predicciones determinan el tipo y la cantidad de combustibles fósiles que serán requeridos para satisfacer dicha demanda. Una vez hecho esto, la cantidad de gases invernadero puede ser calculada a partir de las propiedades físicas de los respectivos combustibles. Finalmente, y por medio de los Modelos de Circulación General del Clima (GCMs), los climatólogos calculan los cambios climáticos esperados en todo el mundo.

Los economistas, por otra parte, han concentrado su estudio en los costes de reducir las emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Utilizan una combinación de instrumentos de política económica para reducir las emisiones hasta niveles determinados y observan los efectos que producen estos instrumentos sobre la actividad económica. Es decir, si los climatólogos estiman necesaria una reducción del 20% en las emisiones de  $CO_2$ , entonces los economistas especifican de manera exógena el nivel de esta reducción en sus modelos y determinan las actuaciones que son necesarias para llevarla a cabo. Con esta metodología pueden incluso especificar las pérdidas o ganancias económicas que produce la aplicación de esas medidas -por ejemplo, los efectos de los impuestos sobre el carbono-. No obstante, esta metodología suele ignorar los beneficios que reporta una reducción de las emisiones de  $CO_2$ , ya que los costes pueden calcularse de manera relativamente inmediata, mientras que los beneficios sólo se observan en el futuro.

## **LA ACTUALIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

---

climático. Este grupo intergubernamental de expertos, formado hoy en día por más de 2.000 científicos de todo el mundo, tiene en la actualidad la misión de estudiar los aspectos científicos (Grupo de Trabajo I), evaluar las consecuencias socio-económicas y ambientales (Grupo de Trabajo II) y formular estrategias de respuesta al cambio climático (Grupo III).

Según el IPCC, el período comprendido entre 1995 y 2006 parece haber sido uno de los más cálidos registrados hasta ahora desde 1850. Variables relevantes tales como las alteraciones en la temperatura oceánica, cambios en los ecosistemas terrestres (como la disminución de la extensión de la capa de nieve y hielo en el hemisferio norte), el acortamiento de las estaciones frías, el derretimiento de glaciares, la disminución de la extensión del permafrost y el aumento del nivel del mar, proporcionan una evidencia clara de que el mundo se está calentando.<sup>3</sup>

Un tercio del dióxido de carbono que se vierte a la atmósfera procede de la destrucción de las selvas húmedas tropicales y de la expansión de la agricultura. El resto se deriva de la utilización de los combustibles fósiles. Las cantidades crecientes de dióxido de carbono atmosférico y de otros gases invernadero, como el metano, calientan la Tierra, cargan de energía la atmósfera y refuerzan el ciclo hidrológico. Esto da lugar a una distribución distinta de las precipitaciones, motivo de fuertes sequías en muchas zonas del hemisferio sur y algunas del norte y factor causante de graves procesos de desertización que contrastan, por otra parte, con fuertes inundaciones en otros lugares. El derretimiento de los casquetes polares y la consecuente elevación del nivel del mar contribuyen, además, al agravamiento de las inundaciones en algunas regiones costeras.

Los científicos conocen los mecanismos del efecto invernadero desde antes del cambio de siglo. El químico sueco Svante Arrhenius predijo los efectos del dióxido de carbono sobre el clima en 1896. Concluyó que las pasadas épocas glaciares podían haberse producido, en gran parte, debido a la reducción del dióxido de carbono atmosférico. Arrhenius también calculó que una duplicación de la concentración de dióxido de carbono de la atmósfera produciría un calentamiento mundial de unos cinco grados centígrados.

Actualmente, el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) sigue siendo el gas invernadero antropogénico más importante. Sus emisiones anuales han aumentado alrededor de un 80% entre 1970 y 2004, desde 21 a 38 gigatoneladas (Gt) y genera en la actualidad el 77% del total de las emisiones de GHG. La tasa de crecimiento de las emisiones de  $CO_2$ -equivalente fue mucho mayor durante el período 1995-2004 (0,92 Gt  $CO_2$ -eq anuales) que durante el período anterior<sup>4</sup> de 1970-1994 (0,43 Gt  $CO_2$ -eq anuales).<sup>5</sup>

Ese incremento de las emisiones de GHG producido entre 1970 y 2004 procede principalmente del sector energético y de los sectores industrial y de transporte, mientras que otros sectores como el agrario, forestal (incluyendo la deforestación), comercial y residencial han crecido a una tasa menor.

---

<sup>3</sup> IPCC, 2007.

<sup>4</sup> La concentración de  $CO_2$ -equivalente es la concentración de dióxido de carbono que causaría el mismo efecto radiativo que una mezcla dada de ese mismo gas con otros gases invernadero o componentes radiativos.

<sup>5</sup> IPCC, 2007.

Lo que es exclusivo de la tendencia actual del calentamiento, con más de medio grado centígrado de aumento en el último siglo, es su velocidad sin precedentes. El calentamiento actual está siendo entre 30 y 40 veces más rápido que durante la época que sucedió a la última glaciación. Al final del período Pleistoceno, hace unos 10.000 años, la Tierra se calentó de 2,5 a 5 grados centígrados. Aunque este aumento de temperatura es similar al incremento que apuntan los modelos de circulación general del clima (GCMs), la diferencia radica en que aquel tardó varios miles de años en producirse y no estuvo comprimido en menos de un siglo.

Ralentizar y limitar el cambio climático requiere, a largo plazo, un gran esfuerzo a nivel internacional. La vía actual más importante la constituye el Convenio de Naciones Unidas para el Cambio Climático, el cual ha sido ratificado por 189 países. El objetivo declarado es: *“...estabilización de las concentraciones de gases invernadero en la atmósfera a un nivel que prevenga la interferencia antropogénica que pueda poner en peligro el sistema climático...con tiempo suficiente que permita la adaptación natural de los ecosistemas al cambio climático con el fin de que la producción de alimentos no se vea amenazada y para que el desarrollo económico se genere de forma sostenible.”* Con la firma del convenio, las naciones industrializadas acuerdan ser la guía para la consecución de este objetivo, además de proporcionar asistencia técnica y financiera a otros países.

El Protocolo de Kioto, que entró en vigor en 2005, es el instrumento que ayuda a los gobiernos a cumplir el convenio. En él, un número de países industrializados (el Anexo I de las Partes) se comprometen a reducir sus emisiones de GHG para el período 2008-2012. Pero éstos no son más que los primeros pasos para tratar el cambio climático ya que hay muchos países en desarrollo, como China o India, cuyas demandas de energía crecen rápidamente y generan grandes cantidades de emisiones.

El problema es que el acuerdo actual sobre reducción de emisiones sólo compete a los países industrializados y no se extiende más allá de 2012. Una exitosa disminución y ralentización de las concentraciones requiere la participación de los mayores países emisores de GHG. Tanto el convenio como el protocolo dejan al juicio de cada país la decisión de cumplir con sus metas de reducción de emisiones. Los países industrializados han hecho algún progreso, aunque limitado, en frenar las emisiones de GHG desde 1990. Durante este período se ha reconocido la necesidad urgente de diseñar políticas específicas, como la utilización de permisos de emisiones, impuestos sobre la energía y medioambientales, medidas voluntarias del sector industrial, políticas de regulación y una creciente investigación y creación de programas destinados a la mitigación.

Muchos países también han realizado un gran esfuerzo en integrar al cambio climático en sus ya existentes políticas institucionales. Esto incluye la utilización de la política energética para acelerar la inversión en eficiencia energética y el reforzamiento de políticas destinadas a minimizar los residuos. Menor éxito han tenido las políticas y medidas encaminadas a atajar los efectos socio-económicos del cambio climático (políticas de adaptación), que incluyen aquellas destinadas a paliar la amenaza que el aumento del nivel del mar

supone para numerosas zonas costeras, o las frecuentes inundaciones, sequías, olas de calor, etc.

Por su parte, la Unión Europea, junto con algunos países pioneros, (Dinamarca, Holanda, Canadá y Reino Unido) está tratando la adaptación al cambio climático como algo prioritario. La OCDE también ha hecho recientemente una declaración firme sobre el mismo concepto, pidiendo una mayor cooperación en materia de adaptación al cambio climático y una integración de esta en la planificación nacional para el desarrollo.

## **LA POLÍTICA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES**

Hoy en día disponemos de diversas políticas económicas de tipo preventivo que pueden contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La literatura existente suele definir a estas políticas como coste-eficientes ya que pueden lograr una reducción importante de emisiones sin tener que incurrir en un coste muy alto. Del mismo modo, estas políticas también pueden ser coste efectivas siempre que no sólo consigan recortes importantes de emisiones de  $CO_2$ , el gas mayormente emitido a la atmósfera, sino también de otros gases de efecto invernadero. Por ejemplo, aumentar la eficiencia energética<sup>6</sup> no sólo reduce las emisiones de dióxido de carbono sino también de otros gases que contribuyen altamente al calentamiento global. Pero además, una mayor eficiencia puede hacer que las industrias y los países se tornen más competitivos en los mercados internacionales. Ahora bien, las políticas económicas destinadas a mejorar la eficiencia energética, para que sean efectivas, necesitan el apoyo del público y de los grupos de interés, esto es, los gobiernos no pueden ser los únicos que tomen partido en el recorte de las emisiones; también es necesaria la colaboración de los individuos, comunidades, empresas y países. La educación y la concienciación de los ciudadanos favorecen el consumo eficiente de energía y, por tanto, la sustitución de combustibles fósiles por otros que eviten la excesiva explotación de los recursos.

En definitiva, la respuesta prudente al cambio climático estaría compuesta por una combinación de políticas económicas de tipo preventivo que tuvieran la finalidad de conseguir mejoras en la eficiencia energética. Dicha prevención constituye una alternativa eficiente para adaptarse al cambio climático incurriendo en menores riesgos y propiciando el desarrollo sostenible.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que la adopción de medidas preventivas no sólo está justificada por el riesgo que se evita, sino que también es necesario que éstas tengan un punto de partida efectivo. La adopción de medidas graduales es importante, ya que de otro modo podríamos incurrir en costes prematuros (de transición o ajuste) excesivamente altos o innecesarios. Así pues, las políticas deben ser efectivas desde su puesta en marcha a la vez que adaptables a las necesidades del momento. Por ejemplo, si establecemos un impuesto sobre el carbono, éste no debe partir de una tasa excesivamente alta, ya que no dejaríamos tiempo para que los mercados y los equipos se

---

<sup>6</sup> La producción, consumo y utilización de la energía constituyen la fuente antropogénica principal de emisiones de gases invernadero.

adaptaran a los nuevos cambios de los precios -o tendrían que hacerlo incurriendo en un coste excesivo-. Pero tampoco es conveniente mantener la misma tasa a largo plazo, ya que factores como el aumento de la población y, en consecuencia, la mayor demanda de energía pueden requerir tasas impositivas mayores con el fin de evitar emisiones más cuantiosas. También puede ocurrir que el desarrollo y puesta en marcha de las tecnologías energéticas eficientes sea más rápido de lo previsto, por lo que ello facilitaría la reducción del impuesto. La disponibilidad de nuevas tecnologías que no emitan carbono es un prerequisite, aunque no una garantía, para reducir las emisiones de carbono a un coste razonable.

El recorte de las emisiones depende también de que se reduzcan las barreras que existen en la actualidad para la difusión y transferencia de tecnología, de la movilización de recursos financieros, del apoyo a los países en desarrollo, etc. Además, la combinación óptima de políticas puede variar de un país a otro, dependiendo de factores como la estructura de los mercados de energía, de la configuración política, de la receptividad de la sociedad, etc. En definitiva, es necesaria que la aplicación de una política económica reductora de emisiones sea implementada de forma gradual, acorde con las necesidades del momento, que tenga en cuenta los factores de índole interno y externo del país o grupo de países donde se aplique y, que tenga como finalidad, alcanzar una mayor eficiencia energética.

Los instrumentos económicos destinados a mejorar dicha eficiencia son numerosos y de diversa índole. A modo de ejemplo podemos citar los impuestos sobre el carbono (alteran los precios en los mercados de energía), los permisos de emisiones, las regulaciones y estándares, la eliminación de subsidios sobre los combustibles fósiles, los programas de reforestación, los programas de información pública sobre eficiencia energética, las medidas específicas sobre los distintos sectores económicos, en particular industria y transporte, etc.

En definitiva, los instrumentos económicos son aquellos que introducen diferentes incentivos para poder conseguir niveles de emisiones más reducidos, alterando, para ello, el sistema de precios. Por ello, también se les conoce como incentivos económicos o de mercado. El objetivo consiste en alterar el sistema de precios para disminuir o modificar las actividades económicas que puedan resultar nocivas para el medio natural. No obstante, todavía son las regulaciones administrativas las medidas que constituyen la mayor parte de las medidas de protección del medio ambiente. Éstas no son expresamente incentivos económicos y, por tanto, no suelen alterar el sistema de precios. En general, constituyen medidas más costosas y menos eficientes que los incentivos.

## **LOS COSTES DE REDUCIR LAS EMISIONES**

A la hora de calcular y valorar los costes de las políticas económicas destinadas a frenar el cambio climático, debemos considerar diversas variables. Entre las más importantes se encuentran las metas y calendarios de emisiones determinados internacionalmente, la tendencia de la población y de la economía (las expectativas son de crecimiento y con éste una mayor

demanda energética), el desarrollo de nuevas tecnologías (cuanto más alta sea su disponibilidad y su tasa de incorporación, menor será la necesidad de utilizar los incentivos económicos, lo cual reducirá los costes), la tasa de reposición del capital referida al período de vida natural de los equipos en funcionamiento (cambios abruptos en el *stock* de capital existente pueden acarrear grandes costes si éste no ha sido amortizado), la tasa de descuento<sup>7</sup> que se utilice para calcular el valor actual de la corriente de beneficios ambientales futuros, las posibles acciones que adopten los consumidores y las industrias en respuesta a las políticas adoptadas, al consumo de combustibles fósiles, al ritmo de avance del cambio climático, etc.

Las estimaciones sobre la cuantía de los costes de reducir las emisiones de dióxido de carbono varían de unos estudios a otros<sup>8</sup>. Algunos analistas piensan que estos costes serían negativos porque las emisiones podrían eliminarse simplemente acabando con las distorsiones que tienen los mercados de energía<sup>9</sup>. Otros creen que si fuera posible reducir el consumo de energía a un coste negativo ya se habría hecho hace tiempo.

Existen también distintos puntos de vista respecto a la evolución de otras variables: con qué rapidez aumentarán las emisiones en ausencia de políticas de cambio climático, qué mejoras de eficiencia energética pueden darse independientemente de los cambios en los precios, con qué facilidad podrán sustituirse los combustibles fósiles por otros menos contaminantes y por otras fuentes de energía y la disponibilidad y coste de nuevas tecnologías energéticas que no emiten  $CO_2$ . Por ejemplo, las reducciones de carbono a través de la sustitución de combustibles fósiles por otros menos contaminantes no disminuyen la disponibilidad de la energía sino que únicamente reducen la intensidad de carbono que ésta contiene, mejorando la eficiencia energética. Según Cline<sup>10</sup>, este ajuste debería poder reducir a la mitad el recorte porcentual necesario de la energía que se requiere para reducir las emisiones de carbono. Es decir, un recorte, por ejemplo del 70% en las emisiones de carbono debería lograrse con solamente una reducción de un 35% de la energía utilizada. La cantidad de esta disminución viene indicada por la elasticidad de la producción respecto a la energía. Si esta elasticidad fuese la sugerida por Cline (0,06), entonces el recorte del 35% en la energía iría acompañado de una reducción aproximada de un 2% del PNB.

En definitiva, y dado el rango tan amplio de incertidumbres que rodean a la evolución de las variables y a los modelos económicos que existen en este ámbito, no es de extrañar que existan puntos de vista diversos acerca de los costes que resultarán del recorte de las emisiones de  $CO_2$ .

El análisis económico realizado por diversos autores a través de distintos modelos -unos utilizando el método coste-beneficio, otros calculando metas y fechas de estabilización de las emisiones y observando cuál será la pérdida de

---

<sup>7</sup> El valor que tome la tasa de descuento es crucial para que las estimaciones sean positivas o negativas. Para una mayor aproximación ver NORDHAUS, W.D., (2002) y GARCÍA, C. (2006).

<sup>8</sup> Un análisis riguroso se encuentra en Krause *et al.*, (1993). También en GARCÍA, C. (2007).

<sup>9</sup> BUERO *et al.*, 1991.

<sup>10</sup> CLINE, W.R. (1992).

bienestar a través de la pérdida de producto nacional observada, otros calculando los costes de la aplicación de algún instrumento económico como el impuesto sobre el carbono, etc.- sugiere que pequeñas reducciones de las emisiones y pequeñas mejoras de los sumideros pueden conseguirse a un coste nulo o muy reducido. No obstante, a medida que aumentan los recortes de las emisiones también pueden hacerlo los costes, a no ser que se desarrollen simultáneamente tecnologías más eficientes. Hasta el momento, dado el alto grado de incertidumbre y la relativa expansión de estas tecnologías parece que las pequeñas reducciones de emisiones y de aumento de los sumideros están ampliamente justificadas. Ahora bien, si queremos que esos costes sean cada vez menores debemos aplicar instrumentos económicamente eficientes y llevar a cabo una seria coordinación internacional de los mismos.

Las políticas económicas preventivas deben complementarse con una mayor investigación sobre nuevas tecnologías y fuentes de energía alternativas que ayuden a reducir los costes y a reducir el avance del cambio climático en el largo plazo. Además, una vez que dichas tecnologías se vayan adaptando con eficiencia a los sistemas productivos estaremos en disposición de ir prescindiendo progresivamente de la utilización de los instrumentos económicos. Si esta trayectoria se va cumpliendo, en el largo plazo, los costes de reducir las emisiones serían mínimos.

## **CONCLUSIONES**

Las políticas económicas preventivas constituyen el núcleo de medidas fundamentales para evitar el avance del calentamiento global. La opción de adoptar una acción preventiva depende de cómo sea la relación entre los costes de reducir las emisiones de gases invernadero y los daños que estos gases pueden ocasionar si no son sometidos a ningún control. Las políticas económicas preventivas destinadas a paliar el calentamiento global tienen dos objetivos prioritarios: reducir las emisiones de los gases invernadero que hoy en día más daño están causando (CO<sub>2</sub> y CFCs) y crear sumideros. Los mecanismos y acciones fundamentales para conseguir dichos objetivos son: incrementar la eficiencia energética, disminuir la producción y consumo de combustibles fósiles, sustituir los combustibles fósiles por otros menos contaminantes, fomentar el cambio tecnológico, acelerar la reforestación como sumidero primordial, etc. Dichos mecanismos se ponen en funcionamiento a través de diversos instrumentos económicos tales como los impuestos sobre el carbono, la creación de mercados de derechos de emisiones y las políticas de eficiencia energética, entre otras.

Cualquiera que sea la medida que se adopte para reducir las emisiones de carbono conllevará un coste de aplicación. Este será mayor o menor en función de la rigidez de la política adoptada<sup>11</sup>. Por otro lado, cuanto más próxima esté la meta o fecha establecida para el control de emisiones más alto será el coste de reducirlas, ya que esto introduce una mayor rigidez en la política de cambio climático aplicada. Además, si suponemos que la evolución de la población es

---

<sup>11</sup> No obstante, si se utilizara un impuesto gradual sobre el carbono, la forma en que los ingresos del impuesto fueran utilizados (reciclaje del impuesto) sería determinante a la hora de calcular la pérdida de producción estimada.

creciente debemos tener en cuenta que las emisiones de gases invernadero pueden aumentar debido al aumento de la demanda de energía. Si el objetivo es reducir las emisiones la política de cambio climático tendrá que endurecerse acarreado un aumento de los costes.

A medida que la disponibilidad y el desarrollo de nuevas tecnologías va siendo mayor se hace menos necesario la aplicación de políticas estrictas de cambio climático tales como el establecimiento de altas tasas impositivas o medidas de regulación de la actividad económica. Esto conlleva, en general, unos menores costes asociados a la política de cambio climático.

La tasa a la que debe ir reponiéndose el capital instalado por otro más eficiente energéticamente no debe ser demasiado alta, ya que cambios abruptos pueden acarrear mayores costes de transición hacia una economía más eficiente y limpia. No obstante, el *stock* de capital no es muy flexible. Tanto el capital como las nuevas opciones tecnológicas dependen de los cambios esperados de los precios de la energía. Cuando estos precios cambian de forma inesperada los propietarios del capital instalado puede que no sean capaces de responder de forma inmediata a los nuevos precios. El ajuste económico impone costes a medida que precios y mercados reaccionan ante los precios más altos de los combustibles basados en el consumo de carbono. De aquí se deduce que los costes de ajuste dependen en gran medida de que los cambios en los precios sean o no anticipados.

La dificultad se encuentra en que, en el corto plazo, no conocemos la respuesta de los agentes económicos ante un cambio en los precios de la energía (elasticidad demanda-precio de la energía), ya que no se dispone del tiempo suficiente para captar toda la información sobre los mismos y reaccionar ante estos. No obstante, en el largo plazo, los agentes pueden reaccionar comprando productos más eficientes energéticamente. De esta forma, podemos conocer la respuesta de la demanda ante cambios en los precios por lo que estaremos en disposición de poder calcular la reducción de emisiones asociada a la política de cambio climático de tipo impositivo.

Por otra parte, y dado que el cambio climático antropogénico es un problema transfronterizo, los costes de reducir las emisiones serán menores a medida que aumente la cooperación entre países. Teniendo en cuenta que los costes de reducir las emisiones crecen con el nivel de recorte, los costes globales de lograr una determinada meta global de emisiones declinarían a medida que mayor número de países se comprometieran a cumplir con dichas metas.

Por último, y de acuerdo con estas consideraciones, parece evidente que una política destinada a reducir las emisiones debería ser coste-eficiente, esto es, lograr su objetivo con el mínimo coste posible. Si queremos además que ésta sea coste-efectiva, esta debe cubrir un rango muy amplio, esto es, no sólo debe conseguir recortes en las emisiones de  $CO_2$  sino también en las emisiones de otros gases invernadero. De acuerdo con esto, los esfuerzos modestos que se lleven a cabo con el fin de reducir las emisiones de gases invernadero estarán económicamente justificados.

## BIBLIOGRAFÍA

BUERO, G., CLARKE, R., y WINTERS, L.A. (1991). *Controlling Greenhouse Gases: A Survey of Global Macroeconomic Studies*. Working Paper. Department of the Environment, Environmental Economics Research Series. University of Nottingham, U.K.

CLINE, W.R. (1992). *The Economics of Global Warming*. Institute for International Economics. Washinton DC.

GARCIA, C. (2007). "Modelo de Cambio Climático: Optimización del Coste de Reducir las Emisiones". *Anales de Economía Aplicada*, Num XXI.

GARCIA, C. (2006). "El Análisis Coste-beneficio y la dificultad de su aplicación al Cambio Climático". *Estudios de Economía Aplicada*. Vol 24-2.

HANNA, S., y MUNASINGHE, M. (1995). *Property Rights in a Social and Ecological Context: Case Studies and Design Applications*. Beijer International Institute of Ecological Economics, Estocolmo; Washington, D.C., Banco Mundial.

HOURCADE, J-C y THÉRY, D. (1996). " The Cost of Preventive Policies: A Controversial Issue". *Ecodecision*, vol. 19: The Atmosphere.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. An Assesment of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

KEMP, R. (1997). *Environmental Policy and Technical Change: A Comparison of the Technological Impact of Policy Instruments*. New Horizons in Environmental Economic Series. Cheltenham, U.K; Elgar. American International Distribution Corporation.

LARSEN, B. y SHAH, A. (1994)."Global Tradeable Carbon Permits, Participation Incentives and Transfers". *Oxford Economic Papers* 46, octubre, pp. 841-856.

LEWIS, T., y SAPPINGTON, D.(1999). "Using Markets to Allocate Pollution Permits and Other Scarce Resource Rights under Limited Information". *J. Public. Econ*, 57 (3), pp. 431-55.

MANNE, A., y RICHELIS, R. (1995). " The Greenhouse Debate: Economic Efficiency, Burden Sharing and Hedging Strategies". *The Energy Journal*, vol 16, nº4, p.2-37.

NORDHAUS, W. (2002). "After Kyoto: Alternative Mechanisms to Control Global Warming". Yale University.

POTERBA, J. (1991). "Tax policy to Combat Global Warming: On Designing a Carbon Tax". En Global Warming: Economic Policy Approaches. Editado por Dornbush, R.D. y Poterba, J.M, pp. 72-98. Cambridge, MA:MIT Press.

WHALLEY, J. y WIGLE, R. (2002). " Cutting CO<sub>2</sub> Emissions: The Effects of Alternative Policy Approaches"en International Trade and Environment, Judith Dean (ed). Ashgate Publishers.

YAMAJI, K. y OKADA, K. (1992). "A Simulation Study on the Tradeable CO<sub>2</sub> emission Permits". Trabajo presentado en el International Workshop on Costs, Impacts and Possible Benefits of CO<sub>2</sub> Mitigation. Instituto Internacional de Sistemas de Análisis Aplicados, Viena.