

PRESENTACIÓN DEL TRABAJO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

Se consideraba una mera posibilidad pero pocos dudan hoy en calificarla una certeza; a saber, que el cambio climático, originado por actividades humanas generadoras de gases de efecto invernadero (GEI), ha elevado la temperatura del planeta hasta el punto que puede provocar consecuencias irreversibles y catastróficas para la vida humana. Los hechos nos dicen que desde 1750 a la actualidad la concentración de CO₂ ha pasado de 280 partes por millón (ppm) a 380 ppm y en la actualidad crece a un ritmo anual de 2,3 ppm. Como , de no adoptar medidas, se prevé que en el año 2035 el nivel de GEI sea el doble que en 1750 y las temperaturas se hayan elevado entre 2°C y 5°C, podríamos enfrentarnos a consecuencias catastróficas. Especialmente en los países pobres.

Desde la década de los 90 en el pasado siglo, las comunidades científicas y políticas han buscado soluciones para afrontar este dramático reto, pero hasta ahora no se han logrado grandes avances. El acuerdo alcanzado en Kioto en 1997 concitó esperanzas que sólo en muy pequeña parte se han materializado, en parte porque algunos grandes países como EE.UU. , China o India no lo suscribieron, en parte porque otros- como España- suscribiéndolo no lo han cumplido.

El resultado es que de no llegar a acuerdos eficaces, el Planeta se encaminará rápidamente a una situación peligrosa, pues según los cálculos incluidos en un informe elaborado a petición del gobierno británico, hasta el 20% del PIB mundial podría perderse irremisiblemente de no adoptar medidas ya. Por el contrario, si se dedicara anualmente un 1% del PIB mundial durante los próximos 10-20 años, resultaría factible contener el calentamiento global en niveles compatibles con un desarrollo humano satisfactorio.

España, dado su rápido desarrollo económico y demográfico, así como debido a su rigidez estructural, debería hacer un esfuerzo adicional para cumplir con los compromisos aceptados en Kioto. Y aun cuando no resulta fácil cuantificar su coste, podría cifrarse en una merma cercana a los dos puntos y medios del PIB que se ha estimado para 2050 a partir de los dos supuestos siguientes: que no opera el factor climático y que, por tanto, no hace falta hacer nada por mitigarlo. El esfuerzo no parece desmesurado si no deseamos jugar nos el bienestar de las futuras generaciones a la cada vez más improbable hipótesis de que la ciencia esté equivocada.

Costes económicos del Cambio Climático: Una posible aproximación al caso de España.

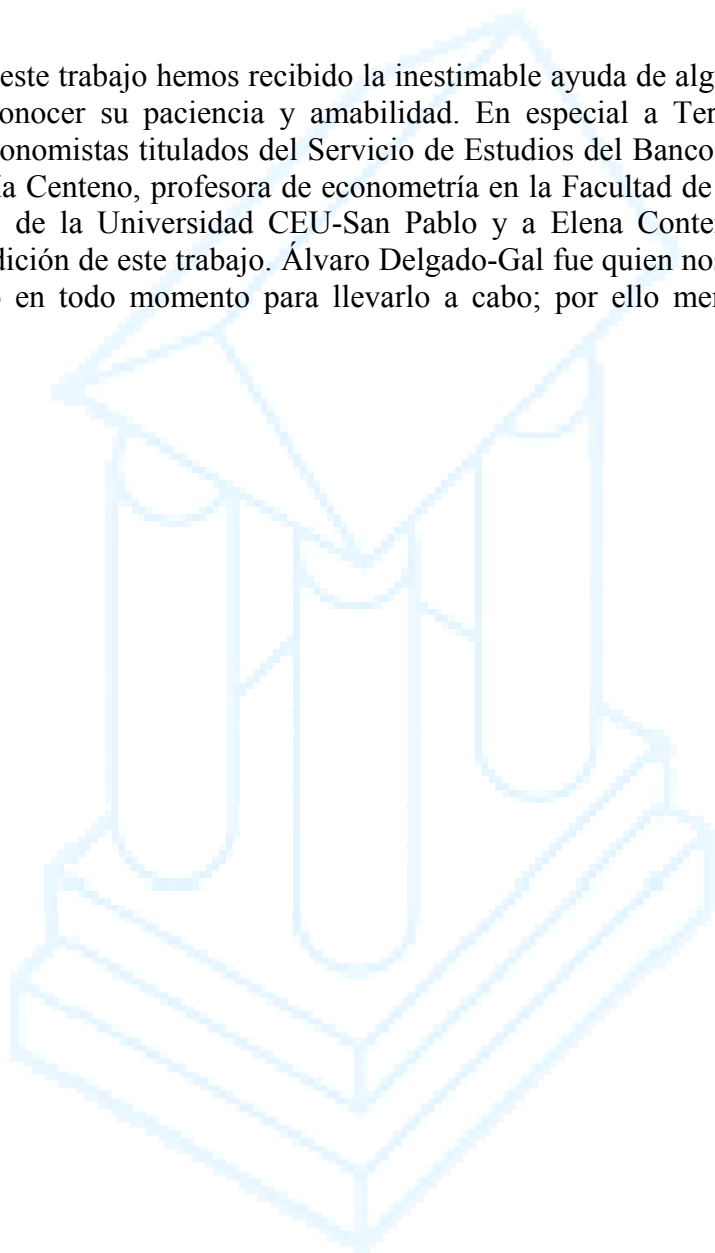


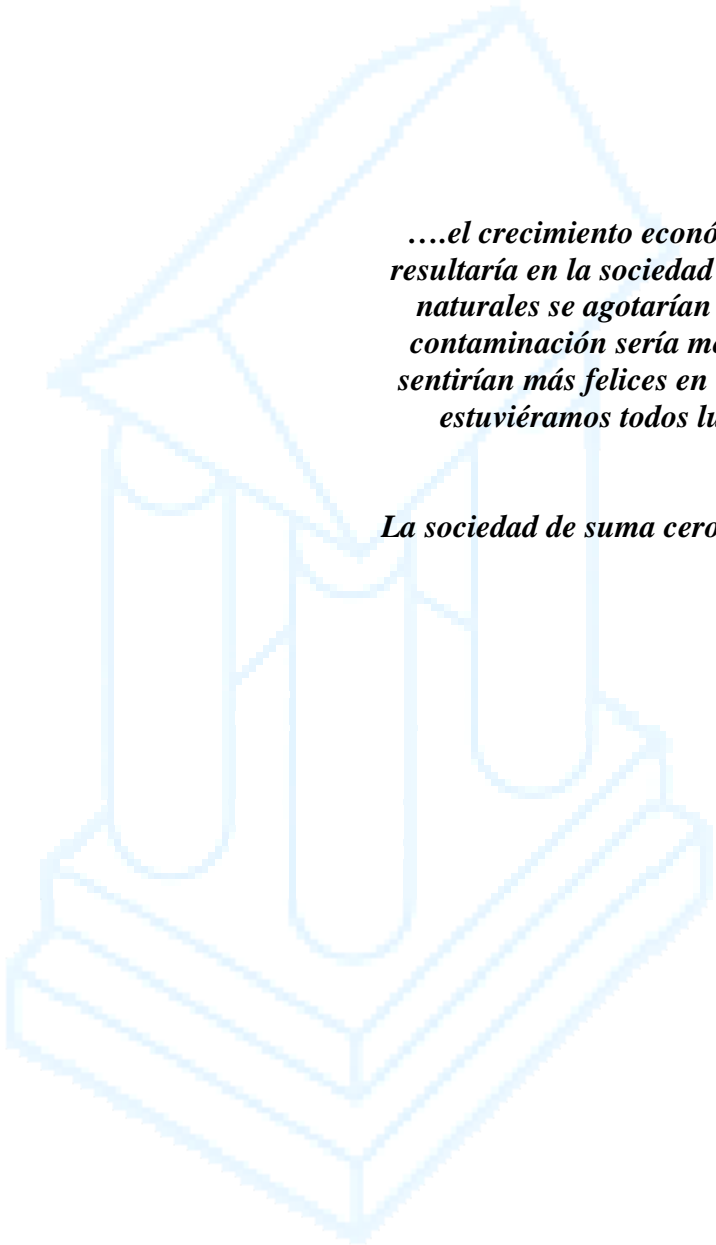
Autores:

Raimundo Ortega y Miguel Córdoba

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de este trabajo hemos recibido la inestimable ayuda de algunas personas a quienes deseamos reconocer su paciencia y amabilidad. En especial a Teresa Sastre y José Luís Fernández, economistas titulados del Servicio de Estudios del Banco de España; a María del Carmen García Centeno, profesora de econometría en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad CEU-San Pablo y a Elena Contento, por su inestimable ayuda en la edición de este trabajo. Álvaro Delgado-Gal fue quien nos propuso su realización y nos animó en todo momento para llevarlo a cabo; por ello merece un reconocimiento especial.





....el crecimiento económico cero, de lograrse, resultaría en la sociedad “buena”. Los recursos naturales se agotarían menos rápidamente, la contaminación sería menos intensa, y todos se sentirían más felices en una sociedad donde no estuviéramos todos luchando por tener más.

*Lester C. Thurow
La sociedad de suma cero, Basic Book Inc, 1980*

INDICE

I.-	Prefacio.....	6
II.-	Introducción.....	9
III.-	Antecedentes.	12
IV.-	El cambio climático y sus causas.....	18
V.-	Análisis económico del cambio climático. El Impuesto sobre las emisiones.....	23
VI.-	Análisis del cambio climático: La respuesta financiera y los Mercados de derechos de emisión.....	37
VII.-	Decisiones Políticas: Estabilización de las emisiones de GHG y crecimiento económico.....	46
VIII.-	Modelo económico de moderación de las emisiones y sus efectos económicos: simulación para el horizonte 2008-2050.....	53
IX.-	Conclusiones.	63
	Anexo I: ECUACIONES DEL MODELO	68
	Anexo II: HIPÓTESIS DE PROYECCIÓN DE VARIABLES ..	69
	Posdata	70
	Bibliografía	71

I.- Prefacio.

Cuando este trabajo se estaba acabando de redactar se iniciaban en Valencia las sesiones de la 27ª reunión del Grupo Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC de acuerdo a sus siglas inglesas). Las sesiones se celebraron entre los días 12 a 17 de noviembre de 2007 y concluyeron con la aprobación del Informe de Síntesis y la adopción del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. Los expertos de los Grupos de Trabajo I, II Y III fueron aprobando a lo largo de dicho año las distintas partes que configurarían el citado Cuarto Informe de Evaluación y que podemos calificar como las “bases” del mismo, destacando las siguientes:

- el calentamiento global es algo inequívoco pues la temperatura de la Tierra se ha elevado 0,74º en 100 años.
- Los recientes cambios han influido ya en numerosos sistemas físicos y biológicos.
- Los cambios tienen probablemente origen humano.
- El calentamiento será en las dos próximas décadas de 0,2º por década.
- Los impactos son inevitables debido a las emisiones ya realizadas.
- Las medidas a aplicar para detener el calentamiento en un rango comprendido entre 1,1 y 6,4º C costarían una media del 0,10% del PIB mundial desde este momento hasta el año 2050.
- El Sur de Europa –y por lo tanto España – es muy vulnerable a los efectos del cambio climático.

Desde el punto de vista de ciudadanos preocupados por las consecuencias del cambio climático, lo que nos interesa es que las conclusiones finalmente adoptadas en Valencia, después de duras sesiones de ajuste en la redacción de los párrafos más relevantes, afirman de modo inequívoco que el conocimiento científico avala tanto la afirmación según la cual el cambio climático es una realidad como la urgencia de adoptar medidas eficaces para contenerlo. En tal sentido, ese Cuarto informe de Evaluación y su correspondiente Informe de Síntesis permitirán a los Gobiernos establecer los compromisos de las Partes para el segundo período de compromiso del Protocolo de Kioto. Dicho Informe ha sido presentado en la 13ª Conferencia de Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que se ha celebrado en Bali, entre los días 3 y 14 de diciembre de 2007.

Ahora bien, este trabajo pretende plantear una pregunta muy sencilla: ¿cuáles pueden ser los costes económicos en España de contener el cambio climático en niveles que atemperen sus efectos de forma que las presentes y las venideras generaciones puedan seguir disfrutando de un nivel de vida semejante al actual? Contestar esa cuestión detalladamente requeriría un análisis de aspectos muy diversos y la formulación de hipótesis relativas a cuestiones tan variadas como la evolución futura del consumo energético, la distribución sectorial de nuestro producto interior, las distintas trayectorias de los precios de los factores productivos y alguna más que no creemos necesario mencionar. Visto lo cual hemos preferido un tipo de análisis económico que intenta ofrecer cuantificaciones muy sencillas al dilema de los posibles costes del control del cambio climático respecto a los probables daños derivados de la falta de medidas para contener, o en el peor de los casos aminorar, un cambio que parece irreversible. Hemos renunciado deliberadamente a la formulación de complejos programas

matemáticos de optimización que hubieran permitido construir y proyectar escenarios combinando factores económicos, emisiones de CO₂, datos climáticos, evaluaciones de posibles catástrofes o variables recogiendo decisiones políticas minuciosas. Pero antes de adentrarnos en el estudio detallado de estas cuestiones conviene dejar claros algunos puntos relativos a la fundamentación teórica de estos problemas relativos a los costes económicos del cambio climático. Lo primero que conviene recordar es que la teoría económica ha analizado desde hace muchos años la contaminación creada por una serie de actividades humanas como una externalidad que impone costes a unos agentes como resultado de las acciones de otros y sin que ello quede plenamente reflejado en los precios y en las transacciones de mercado. Por desgracia, todas las medidas y acuerdos internacionales para contener unas emisiones de gases que crecen a un ritmo tan alarmante parecen haber fracasado hasta ahora por razones que quedan fuera del ámbito de este trabajo, forzando a la comunidad internacional a plantearse seriamente en estos momentos si no estaremos en una situación tal que sólo la adopción urgente de medidas inmediatas podría asegurar la pervivencia de nuestro planeta. Y a tomar conciencia de esa urgencia ha contribuido- con todos sus defectos y lagunas- la publicación por el gobierno inglés de un informe encargado a uno de sus más prestigiosos economistas –Sir Nicholas Stern– a propósito de esta cuestión.

El llamado *Informe Stern* constituye un análisis de los aspectos económicos del problema y se ha hecho famoso, entre otras razones, por su doble y controvertida afirmación según la cual los costes totales y los riesgos inherentes al cambio climático equivalen permanentemente a una pérdida anual cifrada entre un mínimo del 5 y un máximo del 20% del PIB mundial, si se tienen en cuenta todo tipo de riesgos e impactos catastróficos por renunciar a la adopción de las oportunas medidas correctoras; por el contrario, de ponerse aquellas en práctica los costes podrían reducirse a un 1% anual de dicho PIB. Aun cuando no lo explicita suficientemente, el *Informe Stern* utiliza para estimar los costes económicos del cambio las ideas sobre el crecimiento óptimo expuestas en 1928 por el economista inglés Frank P. Ramsey y cuyo principio general se resume en cuantificar y clasificar posibles políticas por el grado de eficiencia a la hora de igualar el coste marginal de reducir las emisiones de GHG respecto al beneficio, también marginal, obtenido de esas menores emisiones.

Nuestro trabajo tiene, como hemos anticipado, objetivos muy modestos. Hemos considerado que la experiencia revela que las medidas impuestas para contener el cambio climático son forzosamente similares a un shock como los experimentados en el pasado por nuestra economía cuando el precio del petróleo sufrió en 1973 y después en 1979 subidas espectaculares y bruscas. El mero examen de lo entonces ocurrido en ambas ocasiones nos muestra que el ritmo de crecimiento del producto del sector privado y su consumo se redujeron en aquellos años casi a la mitad mientras que la inflación se disparaba y el paro aumentaba ostensiblemente.

Para estimar los efectos de una política decidida de contención de las emisiones de GHG- no debe olvidarse que hasta el año 2005, el último respecto al cual contamos con cifras oficiales publicadas, España había superado en un 52 % los objetivos aceptados por nuestro gobierno en el Protocolo de Kioto, cuando el incremento acordado era de un 15 respecto al año base, 1990, para las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, y 1995 para los gases fluorados- hemos supuesto que se introduce un impuesto sobre las emisiones y que, simultáneamente, se implanta un abanico de medidas tendentes a reducir las emisiones de forma que en el año 2020 estemos cumpliendo los actuales compromisos de Kioto. Mediante un modelo sencillo

se ha intentado cuantificar la evolución de cuatro variables económicas claves- el valor añadido del sector privado, su deflactor, el empleo en el mismo y su consumo real- en el transcurso del período 2008-2050. Los resultados obtenidos son, en el caso del valor añadido del sector privado –acaso la variable más ilustrativa a efectos de comparación con otros trabajos – muy similares a los obtenidos por los expertos de las Naciones Unidas englobados en el Grupo de Trabajo III-; es decir, que los costes económicos de una lucha contra el cambio climático con ser significativos no resultan desmesurados pues podrían equivaler a dedicar anualmente algo más de una décima de punto a esa finalidad entre los años 2008 y 2020 y algo menos de media décima entre el 2021 y el 2050, cuando estemos ya en la senda marcada por Kioto. Esos resultados pueden confundir al lector, sobre todo si retiene en su memoria la cifra del Informe Stern que se acaba de mencionar: a saber un 1% anual del PIB mundial. Ahora bien, la cifra indicada en el informe inglés es una media para todo el planeta y, además, se refiere a la inversión precisa en los próximos 10-20 años para estabilizar las emisiones entre 500 y 550 partes por millón de dióxido de carbono equivalente – ppm CO₂ e-, lo cual equivaldría a un aumento medio de la temperatura del orden de los 2,5°C respecto al nivel de comienzos de la Revolución Industrial. Dicho de otra forma, en el informe británico los cálculos se refieren a países con situación geográfica, estructura económica y demográfica, eficiencia energética y recursos naturales – bosques, costas, horas de sol y demás- y capacidades tecnológicas muy dispares para hacer frente a procesos de adaptación o mitigación de los efectos del cambio climático extraordinariamente diferentes entre sí. Por el contrario, en el caso de España lo que nuestras estimaciones apuntan es, concretamente, a que en los próximos cuarenta y tres años la puesta en práctica de una política energética dirigida a cumplir con los compromisos de contención primero y mantenimiento después de emisiones de GEI aceptados por España en Kioto, reduciría el incremento del valor añadido del sector privado- tomado como aproximación del PIB total- en nada menos que en casi dos puntos porcentuales y medio respecto al que resultaría de no tomar medida alguna en ausencia de distorsiones ocasionadas por el deterioro climático, y ello con las repercusiones económicas indicadas en el p. 60.

¿Cuáles serían los costes de no hacer nada en un contexto de deterioro climático? Nos resulta muy difícil hacer estimaciones precisas, pero partiendo de los daños previstos en estudios especializados sobre las consecuencias que para España tendría esa política, calculamos que esos daños podrían ascender en el año 2040 a entre un 15 y un 19% del PIB proyectado para esa fecha. Si el lector desea comparar estas estimaciones con las del *Informe Stern* deberá tener presente el carácter general de este, lo que explica la amplitud del rango indicado, mientras que en el caso español hemos contado con una base estadística relativa a *stocks* de viviendas, infraestructuras, valores de ingresos agrícolas y pesqueros, así como gastos sanitarios e ingresos de turismo mucho más precisa y actual. A tenor de lo indicado en el párrafo anterior respecto a costes económicos de las hipotéticas medidas adoptadas la decisión parece clara. La pregunta es si la sociedad española y sus dirigentes políticos comparten esa opinión.

II.- Introducción.

Desde el punto de vista económico, podemos definir al aire como un bien público cuya propiedad y uso corresponde al conjunto de la sociedad. En su momento, el todavía Vicepresidente de los Estados Unidos, Al Gore, afirmó en una alocución que “la tarea de salvar el medio ambiente del planeta debe convertirse y se convertirá en el principio organizador fundamental del mundo posterior a la Guerra Fría”¹.

Los seres humanos necesitan disponer de aire limpio para poder vivir. Por tanto, el aire es un bien económico, con algunas características específicas, que lo diferencian de los bienes económicos al uso:

- Como hemos dicho, se trata de un **bien público**, puesto que beneficia de forma indivisible a toda la comunidad, lo cual constituye una diferencia significativa respecto de los bienes privados, que pueden suministrarse por separado a diferentes individuos sin que supongan beneficios y costes externos a otros.
- El consumo de este bien adquiere una **dimensión global**, siendo consumido de forma simultánea por los diferentes seres, tanto humanos como animales o plantas. La calidad atmosférica, considerada como el grado de pureza de este bien, está por encima de las divisiones geográficas y pertenece al conjunto de la humanidad.
- Una de sus peculiaridades más notorias es la **ausencia de rivalidades entre los consumidores**, ya que el hecho de que un sujeto consuma aire, no excluye que dicho bien esté a disposición del resto de los sujetos para su consumo simultáneo por parte de todos ellos.
- Como cualquier bien económico, el aire, al igual que por ejemplo el agua, se caracteriza por su escasez. En principio parece que se dispone de todo el que hace falta, pero la simultaneidad en su consumo puede producir a partir de cierto umbral una condición de rivalidad, ya que se agotaría su capacidad para ser suministrado. A este fenómeno se le conoce como **congestión gradual**, y supone que cada nuevo consumidor que se incorpore al consumo del aire tendrá un coste marginal mayor a partir de un determinado umbral. Pensemos en una humanidad con diez, veinte, treinta mil millones de seres humanos. Es posible que la capacidad de la Tierra como proveedora de aire llegara a ser insuficiente para permitir el consumo de aire limpio a todos ellos.

Parece lógico asumir que un suministro eficiente de aire limpio deba contar con la intervención del gobierno o gobiernos, que desarrollen los mecanismos adecuados para su regulación. En las actividades humanas, hay factores que resultan sintomáticos de que algo no funciona bien, y en el caso que nos ocupa, uno de ellos es la denominada **contaminación atmosférica**. La emisión de gases de efecto invernadero alcanza un punto en el que comienza a producir un calentamiento global de nuestro planeta, hasta ahora inexistente. Como es bien

¹ Citado por Samuelson, P.A. & Nordhaus, W.D., *Economía*, McGraw Hill, Madrid, 2002 (17ª ed.), p. 324.

sabido, este tipo de contaminación se define económicamente como una **externalidad**, es decir, una acción llevada a cabo por determinados sujetos económicos, que impone costes o beneficios involuntarios a otros sujetos económicos, o cuyos efectos no se reflejan totalmente en los precios y en las transacciones de mercado.

Parecería razonable, pues, que se estudiara esta externalidad, y que se tratara de fijarle un precio, en este caso obviamente político, con el objetivo de tratar de poner en equilibrio la transformación de aire limpio en contaminado, con la producción de otros bienes y servicios que demanda la comunidad internacional. Sin embargo, no se trata de una cuestión baladí, ya que el pago de un precio por el aire limpio no podría excluir el hecho de que otros sujetos se apropiasen de su consumo, desde el momento en el que no se puede racionar el acceso al consumo de aire. Ello supone que el coste por unidad adicional de cada nuevo usuario es nulo, y por tanto el precio de dicha unidad de aire limpio también tendría que ser nulo.

Además, hemos de tener en cuenta que la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, obligaría a incurrir en altos costes socioeconómicos a corto plazo, ya que las economías nacionales deberían sustituir sus tradicionales fuentes de energía por otras más caras, lo cual llevaría a una disminución del consumo de las familias, y por ende, a niveles de vida más bajos. Además, los beneficios de la reducción sólo se notarían dentro de muchos años, cuando la disminución de las emisiones redujera los futuros daños causados por el cambio climático. En suma, se piden sacrificios económicos a las generaciones actuales, en beneficio de las generaciones futuras, lo cual no siempre ha estado bien visto en un contexto histórico.

Y todo ello, al margen del hecho de que no todos los países están dispuestos a “tirar del carro” en la misma dirección, ya que, a pesar de las declaraciones políticas de buenas intenciones, todas las naciones quieren incrementar su Producto Interior Bruto (en adelante “PIB”), y para ello tienen que producir más, lo que supone incrementar la contaminación atmosférica. Y es un hecho que, si unos países renuncian al crecimiento económico, los otros, podrán ocupar el hueco dejado, manteniendo el volumen de contaminación atmosférica en los niveles actuales.

Los países que no han logrado aún un desarrollo económico adecuado, se quejan de que necesitan lograrlo, y que por tanto, si contaminan más es por que parten de niveles muy bajos, mientras que los países ya desarrollados no suben mucho en términos relativos, pero en términos absolutos suponen la mayor parte de las emisiones de efecto invernadero.

En suma, estamos ante un rompecabezas de difícil solución, aunque con unas consecuencias ciertas, si no se actúa debidamente en las próximas décadas. Desde un punto de vista económico, habría que buscar estrategias que acabasen con el cambio climático de forma eficiente, para lo cual resultaría necesario equilibrar los costes marginales de la reducción del CO₂ con sus beneficios marginales. Desde un punto de vista político, sería preciso poner de acuerdo a la totalidad de los países industrializados del mundo, para definir la contaminación atmosférica que puede tolerar el planeta, y cómo se distribuye entre todos ellos, estableciendo plazos para los países más desarrollados para que disminuyan sus actuales cuotas, adaptándolas a los objetivos definidos, y a los países en vías de desarrollo, para que ajusten dicho desarrollo a la disminución que previsiblemente tendrían que realizar los países

desarrollados, de forma que, por ejemplo, en el año 2050, se haya logrado un equilibrio sostenible entre calidad atmosférica y desarrollo industrial.

Hemos de tener en cuenta que un recurso no renovable se utiliza de forma eficiente si su consumo se distribuye de forma apropiada a lo largo del tiempo. El aire limpio es un recurso natural no renovable, supuesto que se le llegue a dañar hasta un punto de no retorno. Por tanto, y habida cuenta de su potencial escasez, el medio ambiente se puede considerar como un factor de producción, al igual que el trabajo y la tierra. Como es bien sabido, estos factores son utilizados por los seres humanos porque sus servicios nos proporcionan producción o satisfacción, y los precios racionan los recursos para aquellos que los valoran más, de manera que las decisiones basadas en intercambios de mutuo beneficio llevan a la sociedad a resultados óptimos en una economía de mercado.

Pues bien, el objetivo debería ser poner precio a esta externalidad que hemos denominado contaminación atmosférica, amén de proponer soluciones que permitan que en un horizonte razonable (por ejemplo, 2035 / 2050), se haya logrado un sistema económico medioambiental compatible con el futuro desarrollo de la humanidad.

En este trabajo partiremos del supuesto –planteado en el Informe Stern² de que España, al igual que otros grandes países industrializados, se dedica en las próximas décadas a contener la contaminación atmosférica. El propósito perseguido consiste en trazar únicamente las grandes líneas que permiten entrever las consecuencias económicas para nuestro país de esa decisión política en pro de preservar el clima que permita vivir a las generaciones venideras. También discutiremos, igualmente sin entrar en un examen detallado– entre otras razones por falta de datos sobre una de las alternativas– las ventajas e inconvenientes de los dos sistemas para lograr la reducción de emisiones: el comercio de derechos de emisión o la aplicación de un impuesto sobre el carbono emitido. Desgraciadamente, la brevedad de un estudio como éste obliga a dejar fuera de su ámbito cuestiones relevantes como los diferentes caminos a recorrer por países con grados de desarrollo desigual en pos de un acuerdo global para reducir la contaminación atmosférica, la ayuda que a tal objetivo puede aportar la moderna tecnología o el abanico de medidas susceptibles de ponerse en práctica a muy corto plazo. Todo ello con la esperanza de que en el año 2050 podamos lograr que este planeta sea un lugar adecuado en el que vivir durante los próximos años.

² Stern, N., *The Economics of Climate Change. The Stern Review*, Cambridge University Press 2007.

III.- Antecedentes.

Durante milenios, nuestra civilización ha convivido en paz con la naturaleza, que es bastante más sabia que sus pobladores, y que hasta que se produjo la primera revolución industrial, dominaba completamente su destino. Sin embargo, el alto crecimiento económico de los últimos dos siglos ha tenido un importante impacto en las condiciones de vida de los seres humanos, en parte porque éstos han hecho un uso excesivo de unos recursos que no se asignaban correctamente.

Ya a principios del siglo XIX, el temor al crecimiento desmesurado de la población humana y a la teoría de los rendimientos decrecientes –siguiendo las ideas de Thomas R. Malthus– subyacía en el fondo de muchas cuestiones relacionadas con la preocupación sobre el medio ambiente³. Evidentemente, la visión maltusiana se basaba en una sociedad agrícola, la mayoría de cuyos miembros estaban en situaciones próximas al nivel subsistencia, lo cual permitía abonar este tipo de teorías pseudoapocalípticas.

En los siguientes cien años, los seres humanos se enfrentaron entre sí en una escalada belicista, destruyendo espacios medioambientales que en muchos casos nunca volvieron a recuperarse. Sin embargo, después de la Segunda Guerra Mundial, y de la primera etapa de la “Guerra Fría”, los Gobiernos de las grandes potencias se dieron cuenta del tremendo efecto destructor de la tecnología nuclear, y fueron capaces de frenar la escalada armamentística. Pero en paralelo, el “sueño americano” de los años cincuenta llevó a unos niveles de desarrollo desconocidos hasta entonces. El crecimiento industrial se transformó en objetivo económico de todos los países, que asociaban nivel de empleo y prosperidad con desarrollo de grandes empresas, muchas de ellas basadas en extraer recursos naturales de la tierra. La prosperidad subsiguiente permitió crear una demanda de bienes de consumo, que al generalizarse fue poniendo en peligro los recursos naturales limitados de nuestra Tierra, entre otras razones porque la demanda energética mundial iba a desbordar las previsiones más arriesgadas. La sombra del maltusianismo, esta vez energético, volvía a planear sobre la Tierra. ¿Habrá suficientes recursos naturales como para poder permitir que todos los seres humanos tuvieran ese estatus social nacido del “sueño americano”? Y sobre todo, ¿habría alguien que fuera capaz de explicar a los políticos el problema que estaban generando con su política desarrollista?

En los años setenta, se comenzaron a plantear modelos de crecimiento que fueran sostenibles en el tiempo. El 16 de junio de 1972 se firmó en Estocolmo la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, y en ella se debatió la evolución del clima plasmándose por primera vez esa preocupación en compromisos institucionales que dieron lugar a la puesta en marcha de un Comité Intergubernamental de Negociación, con el mandato de la Asamblea General de la ONU, para elaborar una Convención que debatiera el problema del cambio climático⁴.

³ Malthus, T. R., *Principios de economía política*, Fondo de Cultura Económica, México, 1946

⁴ Ortega, R., *Análisis Económico y Cambio Climático. Cuadernos de Información Económica, 198, mayo/ junio 2007*. Fundación de las Cajas de Ahorros.

A partir de entonces, se sucedieron numerosas conferencias internacionales sobre el cambio climático de carácter tanto científico como político. En la década de los ochenta se intensificó la preocupación internacional sobre cuestiones ambientales, estableciéndose el precedente con otro fenómeno de alcance atmosférico global, el agotamiento de la capa de ozono, que quedó regulado internacionalmente por el Convenio de Viena de 1985 y el Protocolo de Montreal de 1987⁵, que reguló las sustancias que atacaban la capa de ozono, y en particular los clorofluocarbonos, más conocidos como CFC's.

En 1987, las Naciones Unidas encargaron un informe a una Comisión presidida por la política noruega Gro Harlem Brundtland. Este informe, conocido como **Informe Brundtland**, desarrolló el concepto de sostenibilidad y lo definió como la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer las necesidades futuras⁶. La publicación de este informe supuso el inicio de la formulación de la moderna teoría del desarrollo sostenible⁷.

En 1988, dos organizaciones de las Naciones Unidas –la Organización Meteorológica Mundial (WMO en siglas en inglés) y el Programa Medio Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP), establecieron un Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), compuesto por científicos de todo el mundo cuya misión consistía en evaluar periódicamente el riesgo de cambio climático originado por la actividad humana. Sus informes se han convertido en la base de todos los debates serios relativos al cambio climático. El primer informe fue publicado en el verano de 1990 y en la actualidad están saliendo a la luz pública los informes de los grupos de expertos reunidos para la elaboración del Cuarto Informe, que se aprobó en noviembre de 2007 en Valencia⁸.

También en 1988, se celebró la **Conferencia de Toronto**, en la que por primera vez se enunció un **objetivo político de reducción de emisiones de CO₂**, el cual fue cifrado en un 20% en el año 2005⁹. A esta Conferencia siguieron las de La Haya y Noordwijk en 1989 y la de Bergen en 1990.

En el primer informe del IPCC de 1990 se reconocía expresamente que las emisiones producidas por las actividades humanas aumentaban sustancialmente las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero, potenciando el efecto invernadero natural, y se preveía una serie de consecuencias si se mantenía la evolución habitual de las emisiones, como aumento de la temperatura media global y elevación del nivel mundial de las aguas marinas. Ello supuso un hito crucial en la consideración política internacional de esta cuestión.

La Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima se celebró en Ginebra en noviembre de 1990, que dio paso a la aprobación el 21 de diciembre de dicho año, de la Resolución 45/212 de Naciones Unidas, por la que se creaba el Comité Intergubernamental de Negociación para

⁵ Ascasibar, I., El cambio climático: su tratamiento internacional. Revista El Campo de las Ciencias y las Artes, Servicio de Estudios BBVA, N° 137, 2000, pag. 284.

⁶ United Nations, *Our Common Future*, Report of the World Commission on Environment and Development, 1987.

⁷ Gutiérrez Franco, Y., *El comercio de emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea: Efectos sobre el crecimiento económico y la calidad ambiental*, Memoria presentada para optar al grado de Doctor, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2003.

⁸ Ortega, R., op. cit.

⁹ Ascasibar, I., op. cit.

un Convenio Marco sobre el Cambio Climático, con el mandato de elaborar un Convenio. Durante año y medio el Comité mantuvo cinco intensas sesiones de negociación y finalmente el Convenio Marco fue adoptado en Nueva York el 9 de mayo de 1992¹⁰, precediendo a la llamada **Cumbre de la Tierra** celebrada en Río de Janeiro el 4 de junio de 1992, en la participaron 172 Estados, 155 de los cuales firmaron el Convenio, formulándose la denominada **Declaración de Río**. La Comunidad internacional comprendió que no podía hacer un uso indiscriminado de recursos finitos, y entre ellos, la calidad atmosférica resultaba ser uno de los principales.

Sin embargo, las medidas voluntarias que se acordaron en el año 1992, al tratarse de compromisos no vinculantes, fueron ineficaces¹¹. Este hecho se puso ya de manifiesto en la Conferencia de Berlín de 1995, dando lugar al denominado “**Mandato de Berlín**”, por el cual se ponía en marcha el proceso de negociación de un Protocolo, que contuviera obligaciones de limitación y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para después del año 2000¹². Este mandato, unido a la elaboración del segundo informe del IPCC aprobado en 1996, desembocó en la tercera conferencia de las Partes del Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, celebrada en la ciudad de Kioto el 11 de diciembre de 1997, en la que se adoptó un acuerdo internacional que implicaba un compromiso para ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero, llegándose al denominado **Protocolo de Kioto**, en el que sí se recogían compromisos vinculantes para reducir en un porcentaje de un 5,2% las emisiones totales de gases de efecto invernadero, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación con los niveles de emisión del año 1990¹³. De esta manera, si la contaminación de estos gases en el año 1990 alcanzaba el 100%, al término del año 2012 debería ser del 95%. Obviamente, esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5%, sino que este es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país obligado por Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir.

Este acuerdo permite que los países que lo ratifican utilicen diferentes mecanismos para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, siendo uno de ellos, los derechos de emisión negociables, sobre los cuales volveremos en un momento posterior. Además del cumplimiento que los países firmantes hicieron en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero, se promovió también la generación de un desarrollo sostenible, de tal forma que se utilizasen también energías no convencionales.

Del análisis económico del Protocolo de Kioto se infería que los costes globales que resultan necesarios para reducir las emisiones de gases se elevarían a un billón de dólares. Es precisamente este elevado coste lo que lleva a la presunción de que algunos países podrían comportarse como parásitos de los demás (“free riders” en terminología anglosajona). De hecho, el principal país emisor de gases de efecto invernadero, Estados Unidos, no ha ratificado el Convenio, y al margen del parasitismo, lo cierto es que los costes de reducción de emisiones serían muy elevados en su economía, e inaceptables para el poderoso “lobby” energético.

¹⁰ Ascasibar, I., op. cit., pag. 285.

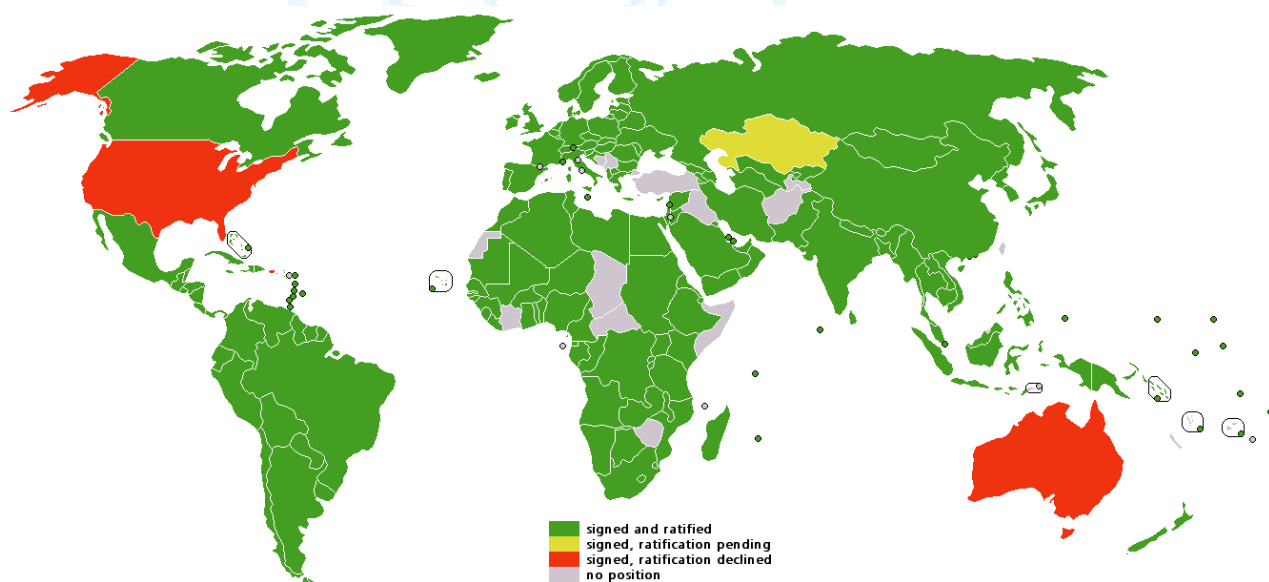
¹¹ Samuelson, P.A. & Nordhaus, W.D., op. cit., p. 332.

¹² Ascasibar, I., op cit., pag. 289.

¹³ *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, Naciones Unidas, 1998.

En cualquier caso, lo importante de los compromisos del Protocolo de Kioto es que convierten el derecho a emitir los gases que ocasionan el efecto invernadero en un bien económico. Hasta entonces, dicho derecho había sido considerado un bien libre, ya que era gratuito y teóricamente ilimitado. Pero a partir de Kioto, los derechos de emisión pasaron a actuar como cualquier recurso material de los factores obtenido de la Tierra, considerándose como una materia prima escasa y con valor económico.

Uno de los acuerdos del Protocolo de Kioto era que sus conclusiones serían aprobadas si se conseguía un consenso mundial sometido a la doble condición de ser ratificado al menos por 55 partes de la Convención cuyas emisiones totales, además, representasen al menos el 55% del conjunto de las emisiones de CO₂ existentes en 1990. La ratificación de los acuerdos por parte de Rusia en noviembre de 2004, supuso que se superara dicha cifra, y que el Protocolo pudiera entrar en vigor el 16 de febrero de 2005. Con ello, la posición de los diferentes países era la que se puede ver en el gráfico adjunto.



Fuente: Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Kioto_sobre_el_cambio_clim%C3%A1tico

Como vemos, sólo algunas repúblicas asiáticas de la antigua Unión Soviética tienen pendiente la ratificación, y únicamente dos países, Estados Unidos y Australia, se han negado a ratificar el Protocolo de Kioto.

De hecho, el gobierno de Estados Unidos firmó el acuerdo en su día, pero no fue ratificado ni por Bill Clinton, ni por George W. Bush, por lo que su adhesión solo fue simbólica hasta el año 2001, en el cual el gobierno de Bush se retiró del Protocolo, no porque no compartiese su idea de fondo de reducir las emisiones, sino porque consideraba que la aplicación del Protocolo era ineficiente e injusta al involucrar solo a los países industrializados y excluir de las restricciones a algunos de los mayores emisores de gases en vías de desarrollo (China e India en particular), lo cual perjudicaría gravemente la economía estadounidense.

Esta ha sido la posición americana hasta que, por sorpresa, George W. Bush presentó el 31 de mayo de 2007 un plan para fijar topes a las emisiones de gases de efecto invernadero antes del fin del año 2008, para los quince países que más contaminan¹⁴. En este sentido, la Casa Blanca invitó a una reunión que se ha celebrado a finales de septiembre en Washington, a los otros 14 países que junto con Estados Unidos, son responsables del 80% de la contaminación atmosférica, esto es, China, India, Brasil, Australia, Sudáfrica, México, Corea del Sur, Rusia y las mayores economías de Europa; también han asistido la Comisión Europea y las Naciones Unidas.

Por su parte, China ha presentado en el mes de junio de 2007 su primer plan contra el cambio climático, en el cual no se fijan compromisos concretos de reducción de las emisiones de CO₂, aunque sí que asume el compromiso de controlarlas. El plan se presentó dos días antes de la Cumbre del G8 en Heiligendamm (Alemania), en la que el cambio climático era uno de sus principales asuntos a tratar. Lo que sí asumió China fue fijarse como meta la reducción del consumo energético en un 20% para el año 2010, lo cual conllevaría la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero.

Estas declaraciones son esperanzadoras, ya que la Agencia Internacional de la Energía espera que a partir de 2008, China desplace a Estados Unidos como principal emisor de CO₂ del mundo –aunque parece que a mediados de 2007 alcanzó ya tan dudoso honor–. No obstante, y debido al efecto población, los chinos aducen que el nivel per cápita de emisiones seguirá siendo sólo una quinta parte del estadounidense, y que la responsabilidad debe ser compartida pero diferente entre los países en desarrollo y desarrollados¹⁵.

Por su parte, el Secretario general de la ONU, Ban Ki-moon, considera que cualquier iniciativa contra el cambio climático debería estar integrada en la ONU, y espera tener un peso relevante en las futuras negociaciones, después de que en la Cumbre de Alemania se debatiera limitar el aumento de la temperatura mundial a dos grados Celsius durante el siglo XXI, y conseguir reducir el volumen de emisiones en 2050 al 50% de las emisiones que se realizaban en 1990. Desgraciadamente, Estados Unidos abortó la posibilidad de este posible pacto, aduciendo que no se podía tomar esa decisión en ausencia de otros países con un elevado índice de contaminación, como es el caso de China o India. La declaración final hablaba de que “se había acordado una ‘sustancial’ reducción de las emisiones de CO₂, pero sin llegar a una cuantificación que obligara a los asistentes.

A finales de agosto de 2007, los países que habían ratificado el Protocolo de Kioto se reunieron en Viena respondiendo a una convocatoria de la ONU, para tratar de avanzar en la fijación de objetivos de reducción de emisiones para el año 2020, de cara a la reunión que tendrá lugar en Bali el próximo mes de diciembre. A pesar de los intentos de consenso, no se logró ningún acuerdo, debido a que países como Rusia, Canadá y Japón rehusaron el texto elaborado durante las jornadas de la reunión, aunque la Unión Europea mantiene su postura de reducir al menos un 30% respecto de la base de 1990.

Por su parte, los países en desarrollo, reunidos en el denominado G 77, y a través de su portavoz, Jamil Ahmad, desean que los países desarrollados reduzcan al menos en un 80% las

¹⁴ El País, 31 de mayo de 2007.

¹⁵ Declaraciones de Ma Kai, presidente del máximo organismo planificador de China, recogidas en Cinco Días el 5 de junio de 2007

emisiones para 2020, y que compren los derechos de emisión a los países en desarrollo para alcanzar ese porcentaje¹⁶. Ahmad afirmó que esta reducción “sería su parte” de las reducciones a alcanzar en el período 2012-2020, ya que en 2012 termina la vigencia del Protocolo de Kioto.

Mientras en Viena proseguían las discusiones, la canciller alemana Angela Merkel revivió en Tokio la propuesta de asignar finalmente a cada individuo, viva donde viva, los mismos derechos de emisión de GHG's. Según Merkel, los países en desarrollo deben ser autorizados a aumentar sus emisiones per capita, mientras los países industrializados reducen las suyas, hasta que ambos alcancen el mismo nivel, y afirmó que una vez que los países en desarrollo alcancen el nivel de los países industrializados, entonces empezaría la reducción a nivel global.

La propuesta de Merkel fue acogida con precaución por el secretario general de la convención, Yvo de Boer, que dijo que probablemente es la única solución definitiva equitativa, pero que el problema consistía en conocer en qué plazo se podía llegar a ella y si era realista hablar de un corto plazo.

Por otro lado, el siete de septiembre, los líderes mundiales participantes en el Foro de Cooperación de Países de Asia-Pacífico (APEC)¹⁷ firmaron una declaración por la que se comprometieron a intentar reducir sus emisiones energéticas para combatir el calentamiento global y el efecto invernadero y desarrollar políticas de reforestación para proteger el medio ambiente, en lo que ha venido a denominarse **Declaración de Sidney**, y que pretende reducir en un 25% la llamada “intensidad energética”¹⁸, pero manteniendo el crecimiento económico de los países en vías de desarrollo con un horizonte temporal fijado en el año 2030¹⁹.

Además, el texto sugiere que, de ahora en adelante, cualquier tipo de negociación en el marco del cambio climático tenga lugar bajo el auspicio de Naciones Unidas, atendiendo así a una de las principales demandas de los países en vías de desarrollo participantes en la cumbre. Sin embargo, se trata de objetivos no vinculantes, por lo que los ecologistas ponen en duda el alcance de las conclusiones de la misma.

En resumen, la polémica está servida.

¹⁶ El País, 1 de septiembre de 2007.

¹⁷ El APEC integra a Australia, Brunei, Canadá, Chile, China, Corea del Sur, Estados Unidos, Filipinas, Hong Kong, Indonesia, Japón, Malasia, México, Nueva Zelanda, Papua Nueva Guinea, Perú, Rusia, Singapur, Tailandia, Taiwán y Vietnam.

¹⁸ Cantidad mínima de energía necesaria para producir una unidad de crecimiento económico.

¹⁹ El País, 8 de septiembre de 2007.

IV.- El cambio climático y sus causas.

El **efecto invernadero** es el nombre vulgar que damos a un fenómeno por el cual los gases de efecto invernadero (en adelante “GHG’s”, o “greenhouse gases”, en terminología anglosajona) atrapan ondas largas de radiaciones infrarrojas dentro la atmósfera. Se trata de un fenómeno natural, sin el cual, la temperatura en la Tierra sería 33° C menor que la que tenemos habitualmente²⁰, y sin el cual no sería habitable.

El proceso se genera²¹ debido a que la atmósfera es transparente a la radiación solar de onda corta (ultravioleta), y los rayos experimentan una reflexión parcial cuando entran en contacto con la superficie que los devuelve a la atmósfera. Sin embargo, existen gases en la atmósfera que no dejan pasar las radiaciones de onda corta procedentes de la superficie terrestre, por lo que se genera un fenómeno de reflexión y re-irradiación que calienta la atmósfera.

Un exceso de estos gases produce mayor opacidad en la atmósfera y mayor energía irradiada hacia el suelo, por lo que la superficie de la tierra experimenta un mayor calentamiento. Las radiaciones infrarrojas emitidas por la tierra quedan atrapadas por los GHG’s, y la concentración de estos gases en la atmósfera reduce la expulsión de calor al espacio.

Los principales gases de efecto invernadero y sus características son los siguientes:

- **Vapor de agua**, que no se incluye en los inventarios de gases de efecto invernadero.
- **Dióxido de Carbono** (CO₂).
- **Metano** (CH₄).
- **Óxido nitroso** (N₂O).
- **Ozono troposférico** (O₃).
- **Clorofluocarbonos** (CFC’s).
- **Hidrofluorcarburos** (HFC’s).
- **Hidroclorofluorcarburos** (HCFC’s).
- **Compuestos Perfluorinados** (PFC’s).
- **Hexafluoruro de azufre** (SF₆).

Aunque la concentración de cada uno de los gases anteriormente indicados es diferente, se suele realizar una conversión de dichas concentraciones a la concentración equivalente de dióxido de carbono en función de su potencial de calentamiento global, en aras a evaluar su

²⁰ Hanley, N., Shogren, J. F. & White, B., *Environmental Economics: In Theory and Practice*, MacMillan, Londres, 1997, p. 160–161. Algunos datos provienen del IPCC (International Panel on Climate Change), *Climate Change: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge UP, 1992.

²¹ Gutiérrez Franco, Y., op. cit., p. 12 a 16.

efecto global sobre la energía de la atmósfera. La concentración de los GHG's es medida mediante los cambios observados en diferentes indicadores, entre los que destacan²²:

- **Concentración atmosférica de CO₂**: Ha aumentado un 31% entre 1750 y el año 2000, pasando de 280 ppmv (partes por millón en volumen) a 366,8 ppmv. Este cálculo admite una variación de un $\pm 4\%$ tomando como valor central el citado 31%. Las previsiones hechas por el III IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Organización de las Naciones Unidas) en el año 2001 preveían una concentración de entre 540 y 970 ppmv para finales del siglo XXI, lo que supondría una fuerte alteración en el clima global de nuestro planeta.
- **Intercambio en la biosfera terrestre de CO₂**: Fuente acumulada de unas 30 Gt C entre los años 1800 y 2000, pero sumidero neto de unos 14 ± 7 Gt C durante el decenio de 1990.
- **Concentración atmosférica de CH₄**: 700 partes por billón durante el período 1000-1750 a 1.750 en el año 2000 ($\uparrow 151 \pm 25\%$).
- **Concentración atmosférica de N₂O**: 270 partes por billón durante el período 1000-1750 a 316 en el año 2000 ($\uparrow 17 \pm 5\%$).
- **Concentración de O₃ en la troposfera**: Aumento del $35 \pm 15\%$ entre los años 1750-2000, con variaciones según regiones.
- **Concentración estratosférica del O₃**: Una disminución en los años 1970-2000, con variaciones según la altitud y latitud.
- **Concentraciones atmosféricas de HFC, PFC, y SF₆**: Aumento en todo el mundo durante los últimos 50 años.

Asimismo, existen determinados indicadores meteorológicos que avalan el cambio climático que están produciendo los GHG's:

- **Temperatura media mundial de la superficie**: El registro instrumental de la temperatura en estaciones terrestres y barcos lleva a concluir que la temperatura superficial global del aire ha aumentado entre 0,4 y 0,8° C en el siglo XX; es muy probable que la superficie de la Tierra se haya calentado más que los océanos (incremento de 0,1° C en la capa superficial –hasta 700 m– de los océanos en el período 1963-2003²³).
- **Temperatura en la superficie del Hemisferio Norte**: Aumentó durante el siglo XX más que en otro siglo de los últimos 1.000 años; el decenio de 1990 ha sido el más cálido del milenio (probable).

²² Gutiérrez Franco, Y., op. cit., p. 12 a 16. Algunos datos han sido matizados con información del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), en sus informes de los años 2000 y 2001.

²³ IPCC *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. Citado por Martín Vide, J.; Llebot, J.E.; Padilla, Emilio y Alcántara, Vicent, en *Aspectos económicos del cambio climático en España*. Estudios Caixa Catalunya nº 4 – Abril 2007.

- **Temperatura diurna de la superficie:** Disminución en el período 1950-2000 en las zonas terrestres; las temperaturas mínimas nocturnas han aumentado el doble de las temperaturas máximas diurnas (probable).
- **Días calurosos/índice de calor:** Aumento (probable).
- **Días de frío/heladas:** Disminución en casi todas las zonas terrestres durante el siglo XX (muy probable).
- **Precipitaciones continentales:** Aumentó en un 5-10 por ciento en el siglo XX en el Hemisferio Norte (muy probable), aunque han disminuido en algunas regiones (como en África del Norte y occidental y partes del Mediterráneo).
- **Precipitaciones fuertes:** Aumento en latitudes medias y altas en el Norte (probable).
- **Frecuencia e intensidad de las sequías:** Aumento del clima seco estival y las consiguientes sequías en algunas zonas (probable). En algunas regiones, como en partes de Asia y África, parecen haberse acentuado la frecuencia e intensidad de las sequías en los últimos decenios.

Por último, también podemos contemplar determinados índices físicos y biológicos:

- **Media mundial del nivel del mar:** Aumento a una velocidad media anual de 1 a 2 mm durante el siglo XX. En los últimos cien años se habría producido un ascenso del nivel del mar de entre 10 y 25 centímetros.
- **Duración de las capas de hielo en ríos y lagos:** Disminución de unas 2 semanas en el siglo XX, en las latitudes medias y altas del Hemisferio Norte (muy probable).
- **Extensión y espesor del hielo marino en el Ártico:** Disminución en un 40 por ciento en los últimos decenios desde finales del verano a principios del otoño (probable) y disminución de su extensión en un 10-15 por ciento desde el decenio de 1950, en primavera y verano.
- **Glaciares no polares:** Disminución generalizada de su extensión durante el siglo XX.
- **Capa de nieve:** Disminución de su extensión en un 10 por ciento desde que se registran observaciones por satélite en los años 1960 (muy probable). En los registros de las estaciones de la antigua Unión Soviética se puede observar que el espesor de la nieve ha disminuido un 15% desde comienzos del siglo XX.
- **Permafrost (tierras heladas):** Fusión, calentamiento y degradación en las zonas polares, subpolares y regiones montañosas.
- **Fenómenos asociados con El Niño:** Mayor frecuencia, persistencia e intensidad durante los últimos 20-30 años, en relación con los últimos 100 años.

- **Época de crecimiento:** Aumento de 1 a 4 días por decenio durante los últimos 40 años en el Hemisferio Norte, especialmente en las latitudes altas.
- **Área de distribución de plantas y animales:** Desplazamiento de plantas, insectos, pájaros y peces hacia los polos o hacia latitudes más altas.
- **Cría, floración y migración:** Adelanto de la floración, la llegada de las primeras aves, la época de cría y la aparición de los insectos en el Hemisferio Norte.
- **Decoloración de arrecifes de coral:** Con frecuencia, especialmente durante los fenómenos asociados con El Niño.

La mayor parte de esta información retrospectiva tiene su fuente primigenia en los informes de los expertos del IPCC, de las Naciones Unidas (ONU) y de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Y es precisamente las Naciones Unidas, el ente que encargó a su Grupo de Expertos sobre Cambio Climático una serie de informes, esta vez de tipo proyectivo, cuyos resultados se detallan a continuación²⁴:

- Se estima que se producirá un aumento de 2° C en la temperatura media de la Tierra a lo largo del siglo XXI.
- En el año 2100, la temperatura media de la Tierra se elevará entre 1,1 y 6,4° C respecto a 1990, a pesar de que los inviernos serán más fríos y violentos que en la actualidad.
- La tendencia anterior se mantendrá e incluso se agudizará con respecto a los estudios anteriores realizados.
- Se prevé que se produzca un aumento promedio en el nivel del mar de entre 18 y 60 centímetros entre 1990 y el final del siglo XXI.

La conclusión del informe del Grupo de Expertos de las Naciones Unidas es que el aumento de la temperatura se produce sin lugar a dudas por la emisión de gases contaminantes, que afectan a la calidad atmosférica y producen el llamado efecto invernadero.

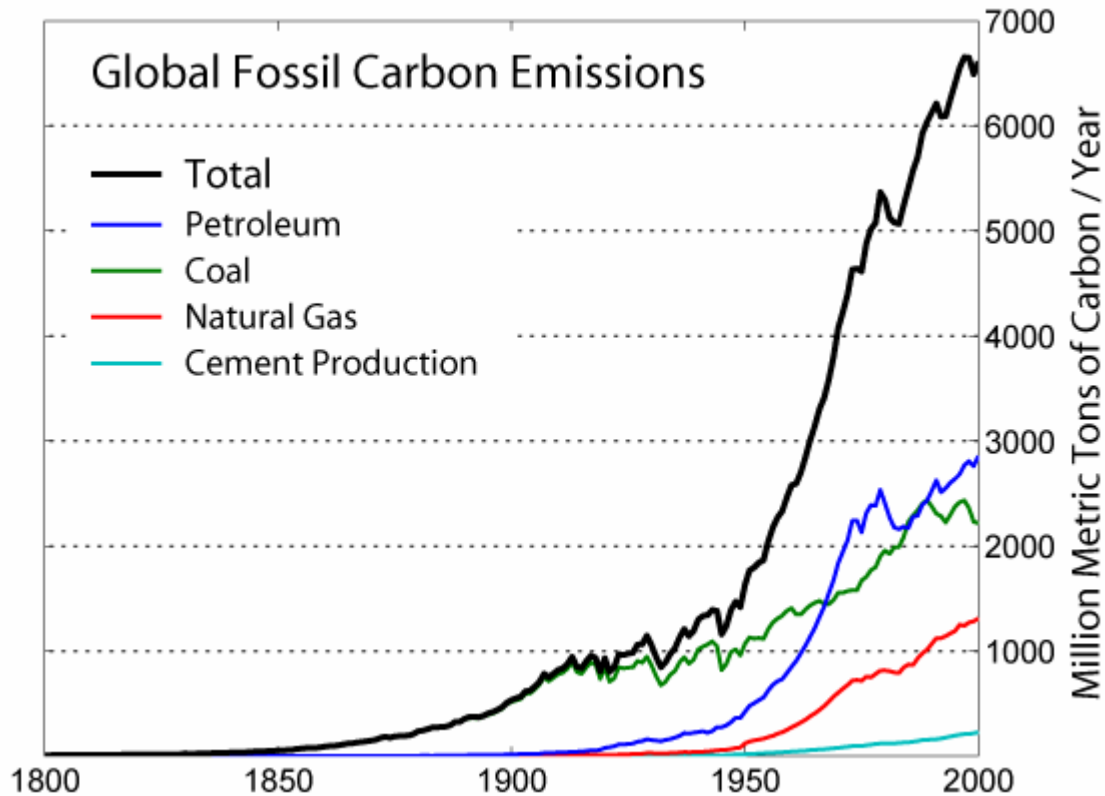
Sin embargo y a pesar de que el origen del proceso y sus consecuencias están claros, existen aún incertidumbres respecto a una serie de aspectos. En primer lugar, no se ha precisado con certeza la influencia del efecto invernadero en el clima, por lo que el ritmo de emisión de gases podría no frenar el calentamiento. En segundo lugar, no existe una cuantificación clara de la relación entre las actividades humanas en las alteraciones climáticas que se están produciendo.

En cualquier caso, existe el consenso de que el cambio climático se está produciendo y de que la acción del hombre ha agudizado el proceso en los últimos dos siglos²⁵. Basta con que

²⁴ IPCC Fourth Assessment Report's Working Group I, Summary for Policy Makers.

²⁵ Forest, C. E., Stone, P. H. & Jacoby, "How to Think About Human Influence on Climate", MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report Series, No. 68, Octubre de 2000.

veamos cómo se ha incrementado en las últimas décadas el consumo de combustibles fósiles, que son los que generan las emisiones de dióxido de carbono, sin duda, el más peligroso de todos los gases que provocan el efecto invernadero:



Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Global_Carbon_Emission_by_Type.png

Como vemos, los peligros a los que se enfrenta nuestra civilización son lo suficientemente importantes como para que nos los tomemos en serio. De hecho, el objetivo del Protocolo de Kioto sobre el cambio climático, al que nos hemos referido en el epígrafe anterior, es precisamente la reducción de las emisiones de determinados gases, que son los principales provocadores del calentamiento global: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), y los denominados gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6), y sobre ello, parece que las naciones más industrializadas han asumido un consenso, que esperemos se lleve a la práctica en el futuro. Otra cosa serán las medidas a tomar, sobre las cuales realizaremos hipótesis en los puntos siguientes.

V.- Análisis económico del cambio climático. El Impuesto sobre las emisiones.

Existe un elevado consenso en lo relativo a la relación existente entre las emisiones de gases y aerosoles a la atmósfera y la evolución del crecimiento económico. Se ha comprobado empíricamente que en épocas de bonanza económica, se incrementan las tasas de emisiones de GHG's, mientras que en épocas de crisis, dichas tasas disminuyen. Sin embargo, y tal y como pudimos ver en el punto anterior, la concentración atmosférica de dióxido de carbono no ha hecho más que aumentar en los últimos ciento cincuenta años, siendo geométrico el crecimiento experimentado en los últimos cincuenta.

En el Informe Stern²⁶, y tomando como base datos del año 2000, se indica que la estructura de las emisiones de efecto invernadero de origen antropogénico es la siguiente:

Fuente de Generación	Porcentaje de emisiones
<i>Uso de Energía</i>	65%
Generación de Electricidad	24%
Industria	14%
Transporte	14%
Edificios	8%
Otras actividades energéticas	5%
<i>Otras fuentes</i>	35%
Uso del Suelo	18%
Agricultura	14%
Residuos	3%
Total	100%

Estas emisiones tienen procedencia muy diferente en lo relativo a los países que las producen. De acuerdo con los datos de la Agencia Internacional de la Energía²⁷ relativos a las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la quema de combustibles fósiles para el año 2001, las emisiones per capita para diferentes regiones oscilan entre 19,7 toneladas por persona y año para Estados Unidos y 0,9 toneladas en media para los países del continente africano, siendo la renta per capita el factor más importante entre los que causan esta gran diferencia, o dicho en otras palabras el PIB per capita de cada país. De hecho, en el Informe Stern se indica que desde 1850, Norteamérica y Europa han producido alrededor del 70% de todas las emisiones de dióxido de carbono por producción de energía, mientras que los países en desarrollo no llegarían a la cuarta parte.

Los economistas han llegado a la conclusión de que el aire limpio, como bien público, no es asignado de forma eficiente por parte de los mercados, de manera que se consumen recursos que no se hallan valorados correctamente por los agentes económicos. De hecho, se puede considerar que la emisión de gases de efecto invernadero que merman la calidad atmosférica constituye un fallo que se encuentra en los límites del mercado.

En este sentido, podríamos afirmar que esta situación tiene lugar porque el mercado no cuenta con los mecanismos apropiados para asignar la emisión de estos gases de forma

²⁶ Stern, N., op. cit.

²⁷ IAE 2003. Citado por Martín Vide, J.; Llebot, J.R.; Padilla, E. y Alcántara, V. op. cit.

eficiente en el sentido de Pareto. Se trataría, por tanto, de una externalidad negativa, que violaría el denominado teorema del bienestar.

Hemos de tener en cuenta que para que el nivel de producción de un bien sea eficiente desde el punto de vista social, toda decisión respecto del uso de los recursos debería tener en cuenta tanto los costes privados asociados a la producción, como los costes externos que pudieran surgir como consecuencia del deterioro del medio ambiente. El fallo de mercado se produciría cuando estos costes fueran socialmente ineficientes, esto es cuando no se igualara, en términos agregados, la disposición a pagar de la sociedad con el coste marginal de la producción.

Por ello, se pueden dar dos tipos de situaciones susceptibles de generar fallos de mercado: aquellas que surgen por la existencia de costes externos, y aquellas que nacen de los beneficios externos. En lo que respecta a los costes externos medioambientales, aquellas decisiones adoptadas por los diferentes agentes que no tuvieran en cuenta los potenciales daños causados, generarían perjuicios a las personas afectadas.

Y en el fondo, la causa estriba en que los precios asignados a estos bienes no comunican de forma acertada los deseos y restricciones de la sociedad, de manera que no envían una señal acertada al mercado acerca de su valor. Por tanto, los fallos de mercado en relación con este activo medioambiental se producen debido a que las decisiones privadas basadas en estos precios no generan una asignación eficiente de los recursos²⁸.

Lo que subyace en este análisis económico es que el mercado no puede distribuir de manera eficiente los bienes ambientales, ya que la contaminación, por su propia naturaleza intrínseca, ocasiona este fallo en el mercado. Por ello, es necesaria la intervención de grupos públicos o privados que puedan asegurar niveles eficientes de suministro²⁹. En este sentido, hay que destacar que la mayor parte de los economistas consideran que el control de la contaminación es una función legítima del Estado, ya que el mecanismo del mercado no controla suficientemente a los agentes que contaminan³⁰, y por tanto, se producen las externalidades, concepto al que ya nos referimos al inicio de este trabajo.

Arthur Cecil Pigou (1877-1959) definió una **externalidad** como la diferencia entre el coste marginal neto privado y el coste marginal social de una actividad³¹. Las externalidades se producen en el momento en el que las transacciones del mercado no reflejan las actividades que conllevan efectos a otros agentes económicos. Cuando existen estas relaciones, un sistema de precios competitivo no asigna los recursos de manera eficiente, ya que quedan reflejadas en los precios de mercado³².

Por tanto, una externalidad se produce cuando la relación entre el nivel de producción de una empresa y el bienestar de los individuos no queda reflejada en el sistema de precios. En esta

²⁸ Hanley, N., Shogren, J. F. & White, B., op. cit., p. 22.

²⁹ Field, B. & Field, M., *Economía ambiental*, Mc Graw Hill, Madrid, 2003, p. 77.

³⁰ Samuelson, P.A. & Nordhaus, W.D., op. cit., p. 325.

³¹ Pigou, A.C., *La economía del bienestar*, Aguilar, Madrid, 1946.

³² Nicholson, W., *Teoría Macroeconómica, Principios básicos y aplicaciones*, Thomson, Madrid, 2006, (8ª edición), p. 478 y 670.

situación, los precios no incluyen todos los costes necesarios para obtener una asignación eficiente en el sentido de Pareto³³.

En términos generales, existen dos tipos de externalidades: externalidad en el consumo y externalidad en la producción. La primera, se produce si a un consumidor le afecta la producción o el consumo de otros. La segunda tiene lugar si las decisiones de una empresa o consumidor influyen en las posibilidades de producción de una empresa³⁴.

Sin embargo, existen características que distinguen al cambio climático de otras externalidades³⁵:

- Se trata de una externalidad global, ya que el daño producido por las emisiones es causado en todos los lugares sin importar dónde haya sido emitido
- Su impacto no es tangible de inmediato, pero se dejará notar de alguna forma en el futuro. Existen diferentes implicaciones en las emisiones producidas en el corto y largo plazo. La acumulación de carbono en la atmósfera es la causante del cambio climático, más que el flujo anual de emisiones. Una vez que los gases de efecto invernadero son lanzados a la atmósfera, permanecen cientos de años (hasta 100 en el caso del dióxido de carbono, o hasta 150 en el caso del óxido nitroso).
- Existe cierta incertidumbre en cuanto a la escala y plazo de los impactos que causarán, y si el daño será o no irreversible.
- Los impactos tendrán potencialmente una escala global.

Uno de los principales problemas que plantean los estudios económicos del medio ambiente se debe a que muchos de los beneficios no tienen un precio en el mercado. Para que las autoridades puedan regular eficientemente, se necesita atribuir un valor monetario a la externalidad. Y para ello, es preciso igualar los costes sociales marginales con los beneficios marginales, lo que supone que los daños sociales que causa la contaminación deben ser previamente calculados.

Los economistas han tratado de averiguar dónde se encuentra el nivel de contaminación socialmente eficiente. Para ello, han sopesado los costes y beneficios sociales de la contaminación³⁶.

El siguiente gráfico nos muestra la ilustración de una externalidad junto con la solución impositiva de Pigou³⁷:

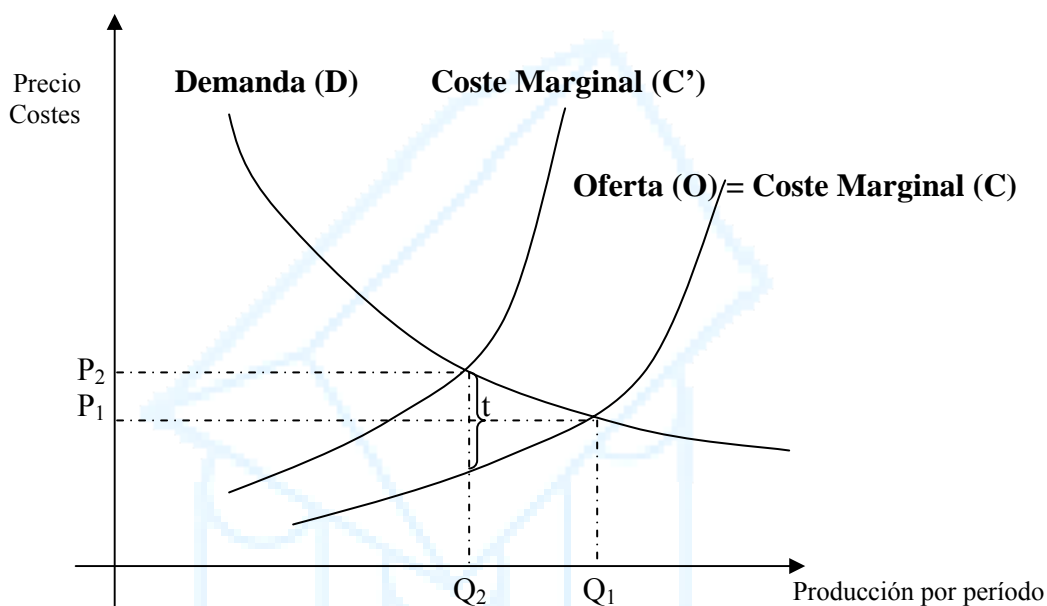
³³ Hanley, N., Shogren, J. F. & White, B., op. cit., p. 22.

³⁴ Varian, H., op. cit., p. 579.

³⁵ Stern, N., op. cit.

³⁶ Samuelson, P.A. & Nordhaus, W.D., op. cit., pp. 326–327.

³⁷ Nicholson, W., op. cit., p. 676.



Fuente: Elaboración propia a partir de Nicholson, W., op. cit., p. 677.

En este gráfico podemos analizar el concepto de externalidad. La curva de demanda (“D”) de un determinado bien tiene, como es bien sabido, pendiente negativa, y el precio disminuye a medida que aumenta la cantidad producida. La curva de oferta (“O”) representa el coste marginal (“C”) de producir el citado bien. Si dicha producción genera costes externos para terceros, el coste marginal “social” (“C’”) sería superior al coste marginal original en la cuantía que representarían estos costes externos.

El equilibrio de mercado se produciría en “Q₂”, y, para este nivel de producción, el coste marginal “social” es superior a lo que los consumidores pagan normalmente por el bien producido. Como ocurre con cualquier impuesto, la creación de un impuesto pigouviano “t”, que reflejase el coste provocado por esta externalidad (diferencia vertical entre las curvas de oferta y demanda del bien), lograría la asignación eficiente buscada, reduciendo el nivel de producción de “Q₁” a “Q₂”. La recaudación fiscal tendería a coincidir con la cantidad de daño externo provocado por la producción de este bien.

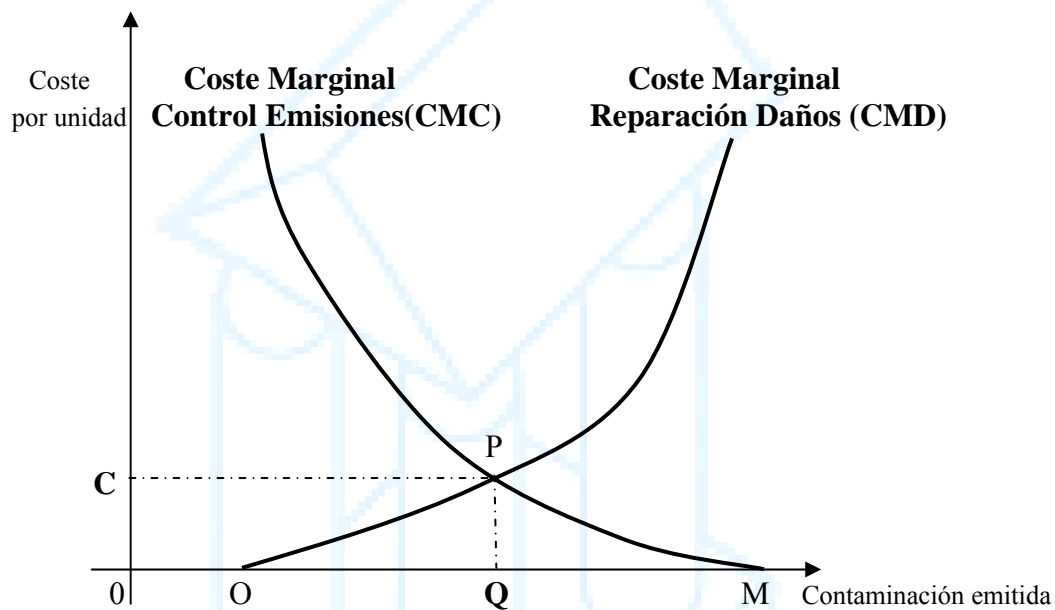
Pero no solamente hay un equilibrio de mercado, sino también un “equilibrio social”, aquel en el que la capacidad de absorción de los contaminantes por parte del Sistema ambiental nunca fuera superada, es decir, el punto de equilibrio sería aquel en el que la tasa de emisión no excediera de la capacidad de absorción³⁸ por parte de la naturaleza. Desde el punto de vista económico, las preguntas relevantes serían:

- ¿Cuál es el nivel apropiado del flujo de emisiones?

³⁸ Antón, V., op. cit., pag. 331.

- ¿Cómo debería ser distribuido el nivel de emisiones entre las distintas fuentes de contaminación, una vez establecida la reducción de emisiones?

En lo que respecta a la primera de las preguntas, podemos establecer un gráfico comparando el coste marginal de la reducción o control de las emisiones (CMC), junto al coste marginal de reparación de los daños ocasionados en el medioambiente (CMD), con el nivel de contaminación emitida (Q)³⁹:



Se observa que el punto “Q” de emisiones es el nivel óptimo de reducción de la contaminación, aquel en el que ambos costes marginales se igualan, que se corresponde con el mínimo área total de costes (OPM).

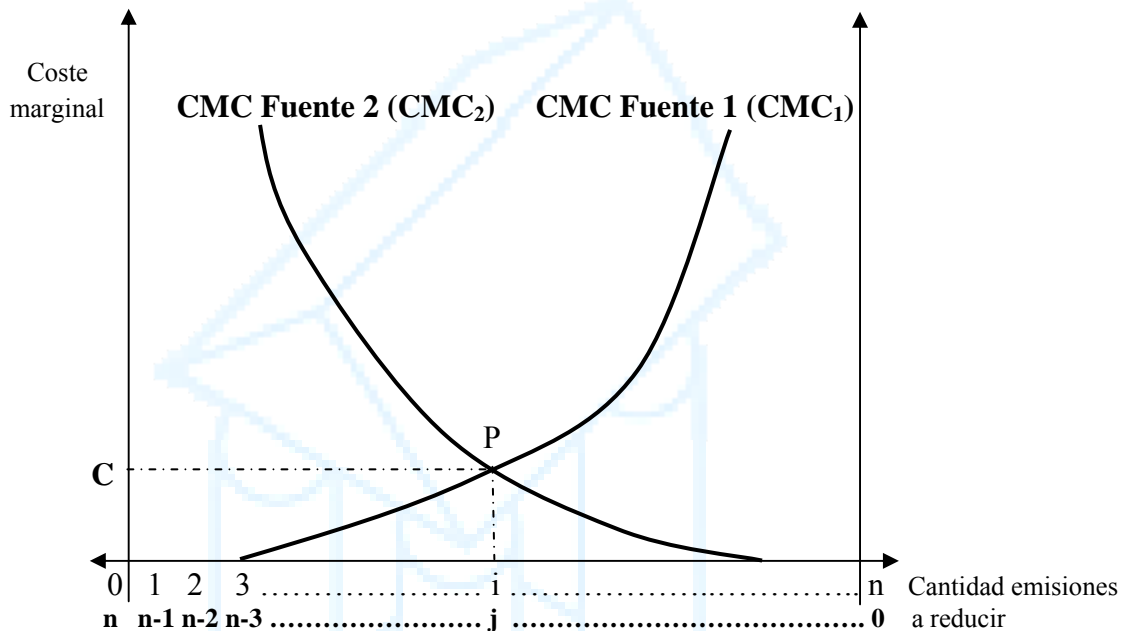
En 1972, Baumol y Oates⁴⁰ afirmaron que para este tipo de externalidades, se podía probar que establecer un impuesto sobre la entidad contaminante era compatible con la asignación óptima de los recursos, corroborando por tanto el modelo pigouviano. Por tanto, sólo se necesitaría conocer el punto de corte de las dos curvas anteriores, para tratar de ponerle precio a la unidad de contaminación. Desgraciadamente, conocer el nivel “Q” que se corresponde con el punto de equilibrio anterior es algo casi imposible de obtener, siendo precisa una gran cantidad de información que normalmente las autoridades públicas desconocen, y en particular, cuál es el coste marginal del control de emisiones⁴¹. Vayamos ahora a la segunda de las cuestiones que nos planteábamos antes, esto es, ¿cómo debe distribirse el nivel de emisiones entre las distintas fuentes de contaminación?

Supongamos dos fuentes de contaminación, y representemos el coste marginal de reducción de emisiones en dos ejes opuestos, uno para cada una de las fuentes, comparando dicho coste marginal con la cantidad de emisiones reducidas:

³⁹ Antón, V., op. cit., pag. 332.

⁴⁰ Baumol, W. J. & Oates, R., The Theory of environmental policy. Cambridge University Press. New York, 1972.

⁴¹ Antón, V., op. cit.



Supongamos que cada curva de costes marginales tiene una determinada función:

$$\left. \begin{array}{l} \text{CMC}_1 = f_1(Q) \\ \text{CMC}_2 = f_2(Q) \end{array} \right\}$$

Estas funciones son claramente convexas y diferenciables respecto de la cantidad de emisiones reducidas. La función objetivo del problema de optimización será encontrar un volumen de reducción “X” para la fuente 1 de emisiones y un volumen “T-X” para la fuente 2 de emisiones, siendo “T” el total de emisiones lanzadas a la atmósfera por el conjunto de las dos fuentes de emisiones (asumiendo que en un determinado entorno geográfico, sólo existen estas dos fuentes), tales que dichos volúmenes fueran capaces de minimizar el coste total de reducción de emisiones.

En terminología matemática, estamos ante un problema de los denominados de optimización libre, que, como se observa⁴² en el gráfico anterior, el óptimo se consigue cuando la primera fuente reduce sus emisiones en “i” unidades y la segunda en “j” unidades, siendo $T = i + j$. Cualquier otra solución sería menos eficiente, porque generaría un mayor coste global para la misma reducción, siendo este resultado perfectamente extensible a “k” fuentes de contaminación, cuya función de costes marginales sea convexa.

Baumol y Oates han defendido la posibilidad de utilizar un sistema mixto entre impuestos y regulación administrativa⁴³. Por tanto, y asumido un modelo pigouviano puro, sería preciso fijar primero de una forma más o menos arbitraria cuáles son los niveles de contaminación

⁴² Antón, V., op. cit., pag. 336.

⁴³ Antón, V., op. cit., pag. 348.

tolerables para la sociedad, y diseñar después una estructura de impuestos por unidad de emisión, cuyos tipos impositivos permitieran no superar los niveles máximos de contaminación establecidos.

Ahora bien, como el análisis demuestra, surge el problema de aplicación del impuesto, ya que su importe debe coincidir con una estimación ajustada del valor monetario del coste o daño marginal, y es ahí donde se bloquea el modelo pigouviano, ya que no se pueden establecer impuestos e irlos alterando continuamente hasta lograr uno que en un momento estático coincida con el óptimo anterior, máxime cuando lo más probable es que con el paso del tiempo haya que volver a modificar dicho impuesto hasta lograr otro nuevo óptimo estático. La comunidad no está preparada para un sistema de impuestos flexibles y variables.

Ante esta situación, los economistas tratan de buscar otras posibilidades alternativas al impuesto. Una de ellas, la existencia de **permisos de emisión negociables o transferibles**, fue formulada por **Ronald Harry Coase** (1910), Premio Nobel 1991, que publicó en 1960 un artículo en el que formulaba el principio según el cual⁴⁴, se podía alcanzar una asignación eficiente de los recursos a través de una correcta aplicación de derechos de propiedad⁴⁵.

En un entorno de información perfecta, con una adecuada definición de los derechos de propiedad, la negociación entre quien causara las externalidades y quien las recibiera, permitiría una asignación eficiente⁴⁶ de los recursos utilizados. Esta asignación eficiente haría que los intercambios entre la parte causante y la parte receptora de la externalidad pasaran a ser eficientes, con la consecuente eliminación de la externalidad previamente generada.

Como nos indica **Kenneth J. Arrow**⁴⁷, las externalidades violan una de las condiciones necesarias para que se den mercados competitivos: los derechos de propiedad completos. Un mercado será completo cuando los que negocian en él puedan crear sin costes un sistema de derechos de propiedad bien definido que permita cualquier intercambio. Esta cuestión, trasladada a la calidad atmosférica, hace que la externalidad sea un caso especial de un mercado incompleto aplicado a un activo medioambiental.

Y es que un elemento fundamental para evitar los fallos de mercado es que los mercados sean completos, es decir, que cumplan la primera condición del teorema de Coase, y cualquier transacción pueda ser realizada de manera que los recursos puedan llegar a quien más los valora. Este sistema de derechos de propiedad supone una serie de permisos que definen los derechos y obligaciones que tendría el propietario de un recurso para poder usarlo en un proceso productivo. Las características serían las siguientes⁴⁸:

- **Asignación global:** Todos los activos o recursos deben ser poseídos privada o colectivamente, y todos los permisos deben ser conocidos y aplicados efectivamente.

⁴⁴ Coase, R., "The Problem of Social Cost", *Journal of Law and Economics*, Número 3, 1960, pp. 1-44.

⁴⁵ Siebert, H., op. cit., pp. 99.

⁴⁶ Gutiérrez Franco, Y., op. cit.

⁴⁷ Arrow, K.J., "The Organization of Economic Activity: Issues Pertinent to the Choice of Market Versus Nonmarket Allocation", *The Analysis and Evaluation of Public Expenditures: The PPB System*, Joint Economic Committee, 91st Congress, Washington, 1969, pp. 47-64.

⁴⁸ Hanley, N., Shogren, J. F. & White, B., op. cit., p. 24-25.

- **Exclusividad:** Todos los beneficios y los costes derivados del uso de un recurso deben repercutirse al propietario.
- **Transferencia:** Todos los derechos deben ser transferidos voluntariamente.
- **Seguridad:** Los derechos de propiedad de los recursos deberían estar a salvo de apropiaciones por parte de otros individuos, de empresas o del Gobierno. El poseedor tendrá un incentivo para mejorar y preservar recursos mientras esté bajo su control.

La mayor parte de los errores de mercado de los activos medioambientales pueden ser relacionados de una manera u otra con los mercados incompletos, ya que no están bien establecidos los derechos de propiedad. Esta falta de habilidad o de deseo para asignar derechos de propiedad ha llevado a los gobiernos a intervenir en defensa de una gestión apropiada de los recursos medioambientales.

Sin embargo, Coase señala que si se asumen costes de transacción cero (punto 4 del teorema), el conjunto de los mercados puede expandirse más allá de los bienes usados normalmente e incluir activos no negociados a medida que las restricciones institucionales para asignar derechos de propiedad bien definidos son eliminadas. Los Gobiernos deberían ser relegados a diseñar y otorgar estos derechos de propiedad⁴⁹.

A partir del planteamiento teórico de Coase, surgió la idea de utilizar permisos de contaminación transferibles en los mercados, como alternativa al control de la contaminación vía impuestos. La idea primigenia es debida a **T. Crocker** en 1966⁵⁰ y a **J. H. Dales** que, en 1968⁵¹, distinguió entre cuatro tipos de derechos de propiedad:

- **Derechos de propiedad exclusivos**, que cubren el derecho a deshacerse o destruir el recurso.
- **Derechos de propiedad relativos a un determinado status o función**, que se refieren a acuerdos que pueden ser negociados con determinados individuos, pero no con otros.
- **Derechos a usar bienes de utilidad pública**, con un propósito determinado.
- **Recursos de propiedad común**, que no representan propiedad porque no hay exclusión definida.

Dales propuso que las autoridades medioambientales, una vez definidos los derechos de propiedad respecto de los recursos ambientales, crearan un número limitado de permisos para emitir un determinado contaminante, los cuales, posteriormente, podían venderse a través de algún sistema de subasta y adjudicarse al mejor postor⁵². Evidentemente, las autoridades pueden restringir o ampliar el número de permisos de emisión, y a medida que el mercado se

⁴⁹ Coase, R., op. cit., pp. 1–40.

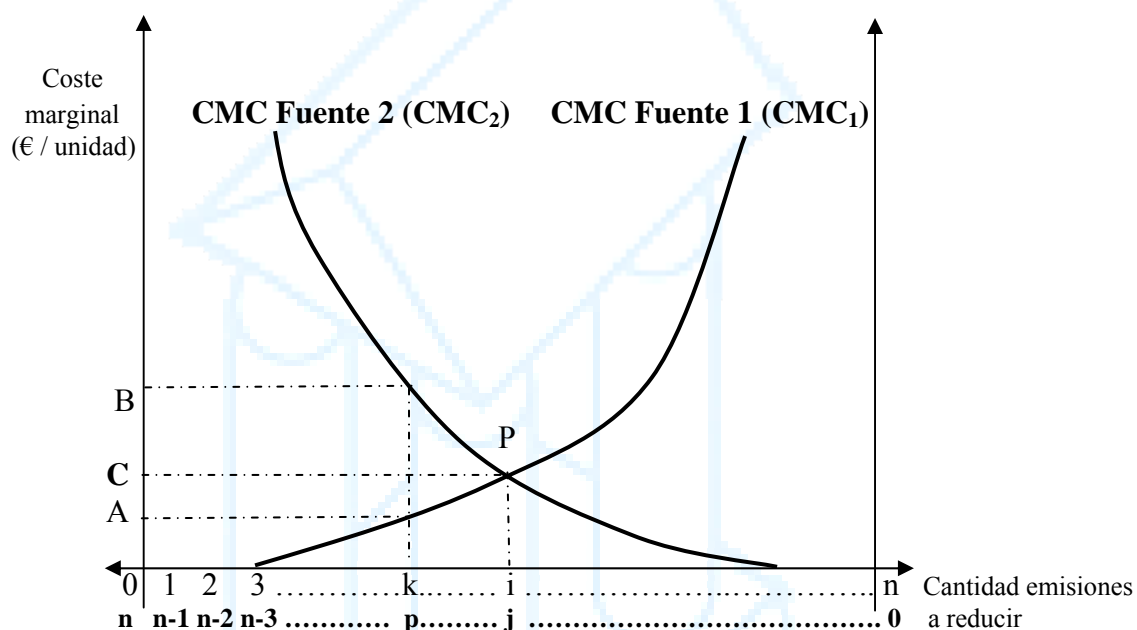
⁵⁰ Crocker, T., “*The Structuring of Atmospheric Pollution Control Systems*”, *The Economics of Air Pollution*, W. W. Norton, Nueva York, 1966.

⁵¹ Dales, J.H., *Pollution, Property and Prices*, University of Toronto Press, Toronto, 1968.

⁵² Antón, V., op. cit., pag. 336.

desarrollase, se podría obtener un precio objetivo de la unidad de contaminación, que representase el coste de oportunidad de sus emisiones para las fuentes.

Desde el punto de vista de la Economía teórica, el modelo sería compatible con una estrategia económica global de minimización de costes, al igual que ocurría con el modelo pigouviano, ya que todas las actividades contaminantes se enfrentarían a un mismo precio de adquisición de los permisos en el mercado. Volvamos al gráfico en el que comparábamos dos fuentes:



Podemos observar ahora que la primera fuente tiene “n-k” permisos y, por tanto, debe reducir su contaminación en “k” unidades de emisión, mientras que la segunda fuente tiene “n-p” permisos, y debe reducir “p” unidades de emisión. Como $k+p = n$, si la primera tenía que reducir “k” unidades, la segunda tendrá que reducir “n-k” unidades. Además, como gráficamente se puede observar, $p > k$, por lo que la segunda fuente estaría dispuesta a comprar permisos a la primera a un precio inferior a “B”, mientras que la primera fuente estaría dispuesta a vender permisos a la segunda a un precio superior a “A”.

El proceso de convergencia que generaría esta dinámica garantizaría un equilibrio de mercado en un precio igual a “C”, donde los costes marginales de la reducción se igualarían, y se garantizaría la minimización de costes. De esta forma se establecería el precio de los derechos de emisión de forma ideal, bajo los clásicos mecanismos de mercado⁵³.

En cualquier caso, los impuestos pigouvianos y los permisos negociables serían mecanismos que obligarían a la fuente contaminante a pagar un precio por la contaminación que se genera, siendo ambas soluciones eficientes, si asumimos, como lo hemos hecho, que las funciones de coste marginal son de naturaleza convexa.

⁵³ Antón, V., op. cit., pag. 337.

Según las dos teorías examinadas, en el contexto internacional se han desarrollado los siguientes enfoques para atenuar el problema generado por las externalidades debidas a la contaminación medio ambiental:

- **Imposición de tasas:** Se introduciría una tasa con el objetivo de que los emisores asumieran el coste social de las emisiones que han generado. Este planteamiento coincidiría con la propuesta realizada por Pigou en 1920. De esta manera, el precio de la contaminación originada por el dióxido de carbono podría ser estimado como reflejo del daño causado por la emisión⁵⁴.

Probablemente, esta solución sería la más efectiva, ya que fijaría un impuesto directo sobre el agente que origina la externalidad, y evitaría los inconvenientes creados por los controles directos de contaminación, y permitiría a los Estados regular su política medio ambiental, obligando a las empresas a afrontar los costes sociales de sus actividades.

- **Restricciones cuantitativas:** Se impondrían restricciones cuantitativas con el objetivo de limitar el volumen de las emisiones. Se crearía así una unidad de control y vigilancia que realizaría un seguimiento de la contaminación generada por las empresas y tendría la facultad coercitiva necesaria para sancionar incluso con el cierre de las empresas que no cumplieran las restricciones establecidas.

Este tipo de medidas tuvieron su primera manifestación en Estados Unidos en 1977, con el “Clean Air Act” que obligó a las empresas a reducir en un 90% sus emisiones de azufre en las nuevas fábricas que fueran puestas en explotación.

- **Derechos de propiedad:** Sistema que permite la transferencia de una serie de derechos sobre la propiedad entre los agentes que causan las externalidades y los que se ven afectados por ellas (incluyendo futuras generaciones)⁵⁵.

Evidentemente, los permisos transferibles de contaminación constituyen una solución basada en el funcionamiento de un mercado eficiente en el que se puedan comercializar estos derechos y asume que la formación de precios vendrá dada por la oferta y la demanda de permisos. Tiene como ventaja que evitaría que los poderes públicos establecieran impuestos directos a las empresas.

Sin embargo, es preciso que previamente los Gobiernos hayan elegido el nivel adecuado de contaminación y, a partir de él, hayan asignado un número concreto de permisos a las empresas, con la subjetividad que ello comporta, tanto a nivel mundial (distribución previa entre Gobiernos), como a nivel estatal (distribución previa entre empresas contaminantes).

Desde el punto de vista de la libertad de elección, se produce una intervención más directa en las empresas, ya que son los Gobiernos los que dictan el volumen de contaminación que puede producir una empresa, mientras que con el primer método

⁵⁴ Stern, N., op. cit., pp. 340–341.

⁵⁵ Samuelson, P.A. & Nordhaus, W.D., op. cit., p. 328.

se obligaba a las empresas a pagar una determinada tasa por unidad de contaminación, permitiéndoseles que eligiera cada una el nivel de contaminación acorde con su nivel de producción, una vez incorporada la tasa como coste adicional de explotación.

Esta solución fue adoptada por Estados Unidos en 1990, con el objetivo de controlar la contaminación provocada por el dióxido de azufre, dentro de la denominada “Clean Air Act”, cuyas emisiones debían reducirse en el año 2000 un 50% con respecto a las existentes aquel año, permitiéndose para ello la transferencia a terceros de permisos de emisión.

El desarrollo del nuevo mercado de dióxido de azufre sorprendió a las autoridades estadounidenses, pues cuando surgió los permisos se negociaron a precios inferiores a 100\$ en lugar de los 300 que preveía el gobierno⁵⁶.

- **Sistemas de Responsabilidad Civil:** Se inscriben en el marco jurídico de las leyes de responsabilidad civil, tratando de ofrecer un resultado eficiente mediante la modificación de los derechos de propiedad y evitando recurrir a la intervención directa del Estado. Con estos sistemas, el agente causante de las externalidades estaría obligado por ley a pagar los daños que hubiera causado a terceros, fueran personas físicas o jurídicas.
- **Negociaciones Privadas:** Supondría, al igual que en el caso anterior, el pago directo de los daños causados al medio ambiente, aun cuando no existiese una obligación legal de hacerlo. El fundamento teórico se encontraría en el ya citado teorema de Coase, según el cual “con unos derechos de propiedad claramente definidos y unos bajos costes de transacción, las negociaciones voluntarias entre las partes afectadas pueden generar un resultado eficiente”. De este modo, se eliminarían “voluntariamente” las externalidades.

A continuación se resumirán los rasgos básicos de los dos enfoques teóricos más estudiados para la solución de las externalidades medio ambientales: la fijación de impuestos (modelo pigouviano) y la implantación de mercados de permisos de emisión negociables (modelo coasiano). Lo que resta de este capítulo estará centrado en el primero de esos enfoques con un examen necesariamente breve por la sencilla razón de que hasta ahora ningún gobierno se ha decidido por implantarlo. Como se expondrá a continuación ello no es debido a la complejidad inherente a su puesta en práctica, más bien, precisamente, a su sencillez. El siguiente capítulo estará dedicado al sistema de permisos negociables.

La primera ventaja evidente es que los impuestos se adaptan mejor que los permisos negociables a las incertidumbres anejas al control de las emisiones de carbono ya que la reducción en éstas es ventajosa hasta que se alcanza el punto en el cual el coste marginal de reducir las emisiones es igual al beneficio marginal de esa decisión. Pero dado que ambas curvas se desconocen, ello favorece al impuesto ya que cualquier error en su fijación generará desviaciones en el volumen de emisiones que provocarán una auto-corrección. En 1974, **M. L. Weitzman** demostró que un impuesto sería preferible a un sistema de permisos de emisión, siempre que la pendiente de la función de costes marginales de reducir las

⁵⁶ Samuelson, P.A. & Nordhaus, W.D., op. cit., p. 330.

emisiones fuera mayor que la de la función de beneficios marginales de reducirlas. En este caso, el coste esperado del error producido por el uso de un sistema de permisos –lo que producía un coste excesivo–, sería superior al coste esperado del error ocasionado por la utilización de un impuesto sobre las emisiones –cifrando el coste con el incumplimiento del objetivo fijado–⁵⁷. Por el contrario, cualquier equivocación en el número de permisos negociables afectaría, en uno u otro sentido, a los precios. Incluso podría ser peor si el número de permisos fuese fijo, independientemente de la fase del ciclo en que la economía se encontrase. Existe otra ventaja en el sistema de impuestos pues éste supone un “suelo” para el precio de emitir carbono y, por ende, un beneficio para toda innovación reductora de las emisiones. Por el contrario, en un sistema de negociación cualquier innovación que redujese el coste de controlar las emisiones se traduciría en un descenso de los permisos, recortando así la rentabilidad de las nuevas tecnologías. Claro es que eso se evitaría imponiendo un límite mínimo a los precios establecidos en los sistemas de negociación. Por último, una razón adicional a favor del sistema de impuestos reside en que los ingresos que recauda para el Fisco permitirían compensar el carácter regresivo del propio impuesto ya mediante créditos fiscales a los ciudadanos con rentas más bajas, ya aplicándolos a reducir otros impuestos distorsionadores. Podrían financiar incluso la investigación y el desarrollo de fuentes alternativas de energía.

No está, con todo, exento el sistema de impuestos de ciertas desventajas, aun cuando sean más aparentes que reales. Así, por ejemplo, intuitivamente se entiende mejor la relación entre la reducción del calentamiento global y el funcionamiento del sistema de permisos negociables. Sin mencionar cuán fácil es la crítica general a los impuestos, no pocos aducirán que el sistema de negociación de permisos afecta menos a los consumidores que los impuestos olvidando que el coste de los permisos se traslada tan rápidamente como el impuesto. Igualmente, se subraya que la creación de un mercado de derechos de emisión reduciría las necesidades de información⁵⁸, pues sería el mercado el que regulase el volumen de contaminación por medio de un sistema de precios. Es innegable, sin embargo, que los impuestos son meridianamente transparentes y sencillos mientras que los mercados de derechos de emisión son complicados y opacos y permiten a los gobiernos recompensar a poderosos grupos de presión contaminadores. Por último, los países ricos pueden pagar a otros más pobres por sus permisos de emisión sin que haya transferencias públicas, lo cual sería imposible en el caso de los impuestos.

En resumen, unos impuestos que anualmente se actualizaran debidamente darían lugar a un aumento claro y predecible del coste del dióxido de carbono, de tal forma que favorecerían las innovaciones y el abandono paulatino de los combustibles fósiles en actividades tales como el transporte, la construcción y la generación de energía. Contaríamos, pues, con una solución económica que utiliza los impuestos para elevar los precios de los bienes y servicios contaminantes a un nivel coherente con el precio sombra que otorgamos al ambiente limpio⁵⁹.

En la práctica, se suelen combinar las restricciones cuantitativas con la transferencia de los derechos de propiedad. De esta manera, se trata de controlar el volumen total de emisiones,

⁵⁷ Weitzman, M.L., *Prices versus Quantities*, The Review of Economic Studies XLI, 1974.

⁵⁸ Nicholson, W., op. cit., p. 678.

⁵⁹ Thurow, L.C., *La sociedad de suma cero*, Ediciones Orbis, Barcelona, 1985. Primera edición en inglés de Basic Book, Inc., 1980, págs. 115, 116 y 126.

estableciéndose previamente compromisos de máximo, tanto a nivel intergubernamental, como a nivel Estado, en lo que a distribución de cuotas se refiere. Normalmente, dentro de las cuotas establecidas en la negociación previa, se permite a las empresas contaminantes que elijan cómo y dónde van a reducir sus emisiones.

El *Informe Stern* ha señalado que de entre todos los sistemas ensayados, el mejor de ellos sería el modelo europeo de negociación de derechos de emisión de dióxido de carbono, que veremos en el punto siguiente. En cualquier caso, es importante que el modelo que se adopte tenga en cuenta las peculiaridades de esta externalidad, en cuanto a su globalidad y a las diferentes velocidades de desarrollo económico de los diferentes Estados afectados, tratando de que dicho modelo asuma el coste marginal de las emisiones que generan contaminación, reflejando así el daño causado.

El objetivo final sería forzar a las empresas responsables de las emisiones contaminantes a invertir en tecnologías alternativas que disminuyeran sensiblemente la emisión de GHG's, y provocar, vía incremento de precios, que los consumidores de productos y servicios que en origen hubieran generado emisiones de gases de efecto invernadero, cambiaran sus patrones de consumo, pasando a consumir productos y servicios "limpios".

Pero sea cual fuere la técnica que se emplee para reducir la contaminación, es importante entender que el consumidor va a pagar. Si la producción de papel causa contaminación, sólo vamos a utilizar menos papel si el papel es más caro. Y eso será bueno para la economía. Sin embargo, surgen conflictos distributivos, ya que si se adquiere un ambiente de alta calidad con recaudaciones de impuestos, las reducciones de ingreso corresponderán a aquellos que pagan la mayor parte de los impuestos. En este caso, no es necesariamente el que paga, la persona que le da el valor más alto al ambiente limpio. Ahora bien, no podremos reunir los fondos necesarios para limpiar el ambiente a menos que podamos ponernos de acuerdo acerca de quién debe pagar la cuenta. Y ahí es donde entramos en los problemas políticos y los juicios de valor.

En determinados foros se escuchan voces que claman por la transferencia de la mejor tecnología disponible desde los países desarrollados a los países en vías de desarrollo, con el objetivo de que estos contaminen menos. Sin embargo, y al menos desde el punto de vista económico, esta transferencia de tecnología no conduciría a una solución eficiente, ya que no se aprovecharían las ganancias potenciales en eficiencia que se derivan de las diferencias de costes de reducir emisiones entre empresas, y, en este caso, también entre países⁶⁰. No es eficiente que todas las empresas y países reduzcan sus emisiones por igual; lo eficiente es que quienes puedan hacerlo a un menor coste reduzcan sus emisiones, de forma que el coste marginal de la última unidad de emisión evitada o reducida sea igual para todas las fuentes de emisión.

Pero además de ser ineficiente, este método presentaría importantes problemas de equidad, ya que un acuerdo de este tipo perjudicaría a aquellos países del grupo de los desarrollados que ya hubieran realizado esfuerzos importantes para reducir su dependencia de los combustibles fósiles, y en la comparativa entre países desarrollados y países en vía de desarrollo, sería todavía menos equitativo, ya que la mayor parte de los GHG's acumulados en la atmósfera

⁶⁰ Antón, V., op. cit., pag. 339.

han sido emitidos por los países desarrollados, y no se puede pedir un esfuerzo similar de reducción a ambos grupos de países.

Sin embargo, sí que es eficiente el proceso inverso, esto es, que se produzcan avances en el desarrollo tecnológico, sea vía transferencias o no, por el hecho de que se pretenda conseguir que una mejora tecnológica evite emisiones y ello suponga un ahorro para quienes debieran comprar permisos de emisión o pagar los impuestos, aunque en este caso, hay que denotar la lógica asimetría entre los dos sistemas citados, ya que el ahorro producido por las mejoras tecnológicas será mayor con los permisos, ya que al contaminarse globalmente menos, el precio de los derechos disminuirá en el mercado, mientras que el tipo impositivo no varía, y sería más costoso para las fuentes.

Por último, lo que sí parece un criterio razonable de distribución de cuotas a nivel internacional es la consideración de la **emisión per cápita**, asignando cuotas de emisión más equitativas entre países. De esta forma se “democratizaría” la contaminación, dando entrada a la población de cada país como factor determinante de la capacidad de emisión de CO₂e en un horizonte temporal determinado. Cada país tendría que determinar una senda de crecimiento o decrecimiento anual de sus emisiones para alcanzar el objetivo global de emisiones per cápita.

El resultado probable con un modelo de este tipo sería que los países desarrollados tendrían que disminuir considerablemente sus emisiones, mientras que los países en vías de desarrollo muy poblados (China, India, etc.), podrían aumentar sus emisiones en gran medida, lo cual tampoco se debería considerar como económicamente o socialmente justo, ya que países con elevada tasa de natalidad se estarían permanentemente beneficiando de su capacidad de crecimiento poblacional, bien creciendo más, bien vendiendo derechos de emisión a los países con baja tasa de natalidad.

Por tanto, sería preciso combinar el factor población con el factor tasa de natalidad de cara a la consideración de un reparto adecuado de cuotas de contaminación en un determinado horizonte temporal. Trataremos de contemplar estos factores cuando desarrollemos el modelo económico en la parte final de este trabajo.

VI.- Análisis del cambio climático: La respuesta financiera y los Mercados de derechos de emisión.

Entre las diferentes respuestas comentadas en el punto anterior, la creación de contratos que tuvieran como activo subyacente los derechos de emisión, y que pudieran ser negociados en los mercados financieros, ha sido una de las más utilizadas en los últimos años.

Su origen se remonta a los proyectos de reconstrucción de Europa tras la Segunda Guerra Mundial, entre los que destacaban la racionalización de la producción y el reparto de cupones entre los consumidores, que dieron paso a la idea de realizar una aplicación a los permisos transferibles de contaminación, habida cuenta de que el principio de escasez era el mismo⁶¹, y que cualquier activo escaso por principio económico puede ser objeto de comercialización⁶².

Si tomamos como fundamento las conclusiones del Teorema de Coase, podríamos considerar que, desde el punto de vista económico, uno de los principales problemas que tiene el fenómeno de la contaminación, es que no se define un modelo privado de derechos de propiedad que utilice como subyacente medidas relativas a la contaminación generada por determinados elementos cuya combustión afecta al medio ambiente.

La existencia de un modelo que asignase los derechos y de un mercado que los hiciera negociables, permitiría la generación de un precio de mercado para dichos derechos. Con ciertas condiciones, este precio proporcionaría el incentivo necesario para no sobrepasar un determinado nivel de emisiones y alcanzar una solución que minimizase los costes por contaminar⁶³.

La primera fase, lógicamente, sería la de **asignación de derechos**, probablemente la más controvertida desde el punto de vista político. El problema subyacente es que existe una asignación previa, “de oficio”, realizada por los países que iniciaron la revolución industrial, y por las empresas que han ido creándose en los países industrializados a lo largo de los años, y que en una situación estática previa, ya tienen copado el cupo de derechos de emisión. Quitarles parte de esa cuota podría llegar a suponer su quiebra y disolución.

Desde el punto de vista económico, una asignación subjetiva de derechos no es compatible con una negociación en mercados libres organizados, ya que deberían haber sido ellos mismos los que hubieran realizado la citada asignación, de manera objetiva. Probablemente, esta es una de las críticas más fundamentadas y acertadas que hacen los economistas a los mercados de derechos de emisión. El problema que encierra la asignación es el de la transformación de un bien público (el medio ambiente) en un bien privado, susceptible de ser comercializado entre particulares, mediante contratos estandarizados cuyo subyacente es el derecho a contaminar el bien público. Pero es que es precisamente la consideración del medio

⁶¹ Koutstaal, P., *Economic Policy and Climate Change – Tradable Permits for Reducing Carbon Emissions*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 1991, p. 7.

⁶² Furubotn, E. B. & Pejovich, S., “*Property Rights and Economic Theory: A Survey of Recent Literature*”, *Journal of Economic Literature*, Número 10, 1972, pp. 1.137–1.162.

⁶³ Hanley, N., Shogren, J. F. & White, B., op. cit., p. 130.

ambiente como un bien común, lo que ha llevado a una sobreexplotación, a un mal uso de los recursos y a una estructura de producción que ha generado una contaminación creciente⁶⁴. Por ello, puede aducirse que si se realizase una adecuada asignación y definición de los derechos de propiedad, la conversión de este bien público en un bien privado, podría ser incluso beneficiosa para la calidad medioambiental de cara al futuro, puesto que permitiría que en un período razonablemente dilatado, fuera el mercado el que llegara a realizar una asignación eficiente de este recurso escaso. Lógicamente, para que esto se produjera, debería haberse puesto en circulación un número suficientemente grande de derechos de emisión, que permitiera que el mercado tuviera la profundidad y transparencia necesarias.

Si los derechos de emisión que llegan al mercado son una cantidad marginal y las grandes compañías siguen controlando el núcleo de derechos, el mercado no podrá ser nunca eficiente. En un subyacente generado por una externalidad, la asignación debe descansar en el principio de que el agente que genera la externalidad debe pagar los gastos ocasionados. Si las grandes compañías retienen el noventa por ciento de los derechos de emisión, sólo pagaran una pequeña parte del coste marginal generado, por lo que el modelo de mercado no logrará la eficiencia pretendida.

Sin embargo, en el Informe Stern se defiende este modelo⁶⁵, aduciendo que es una potente herramienta para dirigir la lucha contra el cambio climático en el ámbito internacional, basándose en las siguientes razones:

- Los esquemas de comercio de emisiones generan reducciones a un menor coste, permitiendo que éstas sean allí donde puedan ser más baratas.
- Producen transferencias automáticas entre países.
- Su utilización entre países resulta más sencilla que la armonización fiscal.
- Sirven para asignar un precio eficiente al dióxido de carbono.

Efectivamente, las razones aducidas son correctas para un mercado eficiente y transparente, pero olvidan la asignación inicial de los derechos, y los “lobbies” de grandes compañías energéticas que son susceptibles de manejar estos mercados.

En cualquier caso, en un mercado eficiente, los permisos para emitir pueden ser asignados de manera gratuita o vendidos, bien directamente o bien a través de una subasta, siendo posible una combinación de ambos sistemas, como ocurre, por ejemplo, en el régimen europeo, que saca a subasta el 5% de los permisos en la fase I y el 10% en la fase II.

En principio, tanto la asignación gratuita como la subasta deberían ser igualmente eficientes. Sin embargo, este argumento es estático, ignora la estructura del mercado y no tiene en cuenta el lado distributivo de las finanzas públicas⁶⁶. Y es que la **asignación gratuita** podría llegar a elevar el coste general de la aplicación. Además, los permisos gratuitos favorecen a los agentes ya presentes en la industria, restringiendo la competencia y reduciendo la eficiencia. Si los participantes existentes reciben asignaciones gratuitas pero los nuevos deben comprarlas, dichas asignaciones servirán como barreras de entrada.

⁶⁴ Siebert, H., op. cit., p. 99.

⁶⁵ Stern, N., op. cit., pp. 364-365.

⁶⁶ Stern, N., op. cit., pp. 364-365.

Con el sistema de **subastas**, las empresas se ven obligadas a asumir nuevos costes al comprar sus derechos para cubrir sus emisiones. Desde el punto de vista de la Administración, las subastas benefician las cuentas públicas, dependiendo si son un nuevo flujo de dinero o un sustituto de una fuente de financiación.

Existe también una metodología alternativa para la asignación de derechos de emisión gratuitos, tomando en consideración las emisiones que realizan las plantas antiguas y las plantas nuevas. Con ello, se puede premiar a aquellas infraestructuras que tengan tecnología más limpia y penalizar a las que emiten más dióxido de carbono.

En cualquier caso, las asignaciones gratuitas recibidas supondrán beneficios extra para las empresas adjudicatarias de los permisos gratuitos. Por ello, y sea cual sea la estructura de mercado, es importante que las asignaciones gratuitas sean sólo temporales. Pueden ser necesarias para un período de transición, pero si este mecanismo se utiliza siempre distorsionará la competencia y reducirá las emisiones por debajo de sus niveles de eficiencia.

Asumiendo las dificultades que rodean la asignación, hay que seguir con la **comercialización de los derechos** en uno o varios mercados organizados. De entrada, habría que ver si en un mercado de derechos de emisión debería tener libre acceso cualquier agente, o si dicho acceso tendría que estar limitado a sujetos que tuvieran un determinado estatus o función específica. Parecería lógico poner límites a un mercado en el que el subyacente es susceptible de afectar a un bien común, como es el aire limpio.

Como vemos, no se trata de un mercado “fácil” de organizar. Un ejemplo de funcionamiento nos lo comenta Varian⁶⁷, a propósito del mercado de derechos sobre óxido de nitrógeno en California. En él se otorga una cuota de emisión de óxido de nitrógeno a cada una de las 2.700 mayores empresas contaminantes del sur de California, fijada inicialmente en un 8% menos que la cantidad emitida el año anterior. Si la empresa satisface exactamente su cuota de emisiones, no tiene que pagar ninguna multa o sanción. Sin embargo, si reduce sus emisiones en una cantidad superior a la de su cuota, puede vender el “derecho adicional a contaminar” en el mercado abierto.

Las empresas a las que les resulte fácil reducir las emisiones venderán derechos de emisión a las que les resulte más costoso. En condiciones de equilibrio, el precio de mercado del derecho a emitir una tonelada de contaminación debería ser exactamente igual al coste marginal de reducir las emisiones en una tonelada.

La reducción de emisiones, por tanto, deberá realizarse en las empresas que tengan los menores costes de producción, de manera que se consiga un funcionamiento eficiente del sistema. Ello se lograría si la distribución total de los costes entre diferentes fuentes se hiciera de tal forma que los costes marginales de la producción total llegasen a ser iguales en todas las fuentes de producción⁶⁸.

⁶⁷ Varian, H., op. cit., p. 590, y éste de Stevenson, R., “Traying a Market Approach to Smog”, New York Times, 25 de marzo de 1992.

⁶⁸ Field, B. & Field, M., op. cit., p. 66.

De este modo, y siguiendo con el ejemplo de las emisiones de óxido de nitrógeno, no se tiene porqué obligar a todas las empresas a reducir emisiones en la misma cantidad física o proporcional, ya que para una puede ser más barato que para otra.

En el Informe Stern se indica expresamente que para asegurar la confianza en un precio estable a largo plazo del dióxido de carbono, y con el fin de aprovechar los beneficios de un esquema de comercio de emisiones, es importante crear un mercado profundo, líquido y eficiente⁶⁹. La creación de los primeros sistemas de comercio en Estados Unidos demostró la utilidad de ciertos procedimientos. Los más importantes son los siguientes:

- “**Offset**” – en el que agentes nuevos y ya establecidos deben llegar a acuerdos para que las reducciones en las emisiones de los segundos faciliten el otorgamiento de permisos a los primeros–;
- “**Bubbles**” – se permite un nivel máximo de emisiones con compensaciones entre las fuentes emisoras–;
- “**Netting**” –obliga a que la expansión o modernización de una planta satisfaga la revisión de sus sistemas contaminantes–;
- “**Banking**” – sistema que facilita la transferencia de los permisos innecesarios en el presente a un período futuro – y
- “**Borrowing**” – admite la compra de cuotas pertenecientes a períodos futuros para su uso actual–⁷⁰.

Es de destacar que el uso de dos de estos sistemas (“bubbles” y “netting”) supuso un ahorro en los costes de reducción de 700 millones de dólares⁷¹.

El tipo de derechos de emisión que serán comercializados también es importante. Existen dos diseños para los sistemas de emisiones⁷²:

- Los **permisos de emisiones**, basados en unidades de contaminación emitidas (por ejemplo, una tonelada de CO₂). La comercialización de los permisos se realiza entre empresas, pero el total de emisiones no se ve incrementado. El problema que puede presentarse con este sistema aparece con contaminantes no uniformes (por ejemplo, la emisión cerca de un río sería más nociva).
- Los **permisos ambientales**, basados en unidades de daño a los receptores. Existe un mercado separado para cada receptor, y las empresas comercian en todos los mercados en los que sus emisiones afectan a grupos de receptores. Obviamente, se solucionaría el problema espacial de los permisos de emisiones, pero, sin embargo, los costes de transacción serían altos y el número de participantes por cada mercado sería reducido.

Sea cual sea el modelo elegido, será importante que en el ámbito internacional, y mediante los acuerdos pertinentes, se tienda a ampliar el ámbito de los gases incluidos en los GHG’s,

⁶⁹ Stern, N., op. cit., p. 360 y 361.

⁷⁰ Siebert, H., op. cit., p. 140.

⁷¹ Koutstaal, P., op. cit., p. 7; y éste de Dwyer, J. P. “*California’s Tradable Emissions Policy and its Application to the Control of Greenhouse Gases*”, *Climate Change – Designing a Tradable Permit System*, OECD, Paris, 1992.

⁷² Hanley, N., Shogren, J. F. & White, B., op. cit., p. 139.

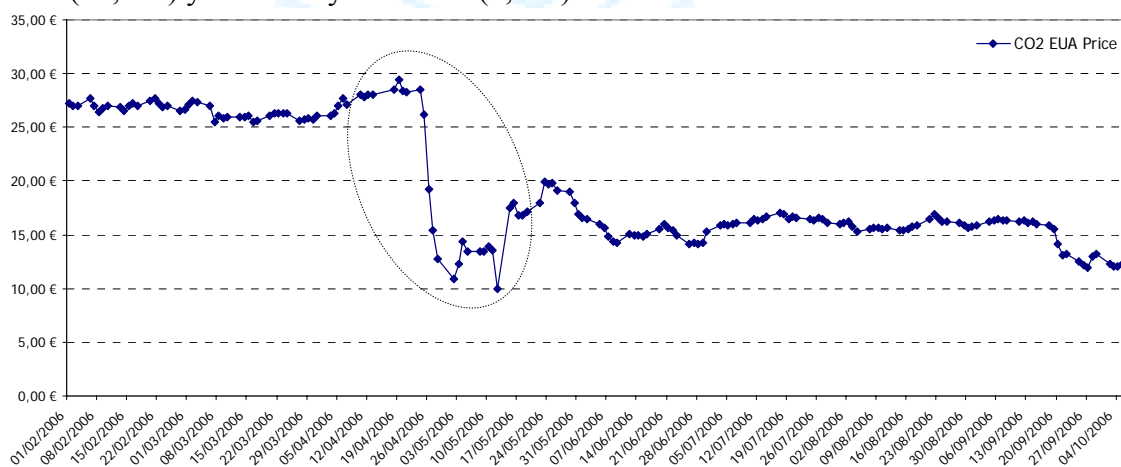
así como el número de países y sectores incluidos en las cuotas de derechos de emisión. Ello reduciría el impacto de cualquier cambio en el conjunto, ya que en un mercado más profundo y líquido, es más difícil para un agente individual afectar el nivel de precios y por tanto se conseguiría un mercado menos volátil. Asimismo, se podría lograr una mayor flexibilidad para la reducción de emisiones, lo que redundaría en que los costes fueran menores. La inclusión de algunos sectores en el sistema europeo de comercio de emisiones a partir de 2012 tendrá este efecto.

El grado de escasez es importante para determinar los **precios de los derechos de emisión**. Para facilitar una estabilidad mayor a los mercados de dióxido de carbono, los niveles de asignación deben ser consistentes con los objetivos de reducción, y estar por debajo del nivel de las emisiones en un escenario similar. El grado de escasez no dependerá solamente del nivel máximo de contaminación impuesto, sino de la distribución de este nivel, ya que, por ejemplo, puede estar permitido el uso de reducciones generadas en una región sin este tope, puesto que lo que se persigue es que las reducciones sean realizadas allá donde éstas sean más baratas.

El precio debería reflejar el daño marginal causado por las emisiones y ser incrementado en el tiempo para reflejar los daños crecientes a medida que el stock de gases de efecto invernadero crece. Por razones de eficiencia, debería ser común en todos los sectores y países. Asimismo, debería existir un cierto grado de estabilidad en el precio a partir de una media que pudiera ser predecible. Ello sería de gran importancia para las empresas, particularmente en aquellos proyectos que necesiten de inversiones a largo plazo.

La estabilidad de los precios debería ser resultado de la existencia de una información transparente y regular que incluyera el detalle de las asignaciones iniciales y el volumen actualizado de emisiones de los participantes. La importancia de la información se ilustra con el siguiente caso relacionado con el régimen europeo. En marzo de 2006, se publicaron los primeros datos referentes a las verificaciones de las emisiones y a las instalaciones incluidas. Los precios cayeron estrepitosamente ya que parecía claro que, para muchas empresas, las emisiones estaban por debajo de las asignaciones entregadas al inicio del esquema.

En el siguiente gráfico podemos apreciar la importante caída, entre los días 24 de abril de 2006 (28,55€) y 12 de mayo de 2006 (9,95€):



Fuente: www.sendeco2.com

Si lo que se desea es limitar las oscilaciones fuertes en los precios, se pueden establecer límites superiores e inferiores en el precio de los derechos de emisión (“collar” en terminología anglosajona). Al evitar que los precios excedan de estos límites se estaría limitando la volatilidad de este mercado. Este mecanismo se puede aplicar de diferentes formas:

- Imposición de tasas que se activen una vez el límite inferior haya sido alcanzado.
- Aseguramiento de una cuota fija para los emisores.
- Adquisición de permisos por parte del Gobierno, los cuales serán vendidos de nuevo más tarde.

Evidentemente, es vital que el uso del instrumento que se elija, se aplique de la misma forma en las diferentes regiones o países incluidos en un mismo mercado, ya que de lo contrario el sistema no sería eficiente. Hahn y Noll han identificado diferentes criterios que un sistema de este tipo debe satisfacer para funcionar eficientemente⁷³:

- El número de permisos debe ser limitado y estar bien definido para que su valor pueda ser correctamente estimado.
- Los permisos deben ser intercambiados libremente dentro de un ámbito.
- Los permisos deben poder ser almacenados para que sean útiles cuando la oferta y demanda sea escasa.
- Los costes de transacción no deben ser elevados.
- Las multas por mal uso de los permisos debe ser superior al coste de estos para incentivar a los productores a que actúen según las reglas marcadas.
- Los permisos sólo podrán ser expropiados en circunstancias extremas.
- Los productores podrán ostentar los beneficios derivados de la comercialización de los permisos.

En el mismo sentido, pero ya desde un punto de vista comercial, Valdemoro⁷⁴ nos indica cuáles deben ser las condiciones para que un mercado de emisiones tenga éxito:

- Contar con reglas simples y claras.
- Tener un límite en las emisiones coherente con el objetivo medio ambiental.
- Involucrar un número de participantes suficientemente grande como para asegurar la competencia y la liquidez del mercado; pero no excesivo, para que resulte controlable.
- Que sus costes de transacción sean relativamente pequeños.

⁷³ Hanley, N., Shogren, J. F. & White, B., op. cit., p. 88; y éste de Hahn, R. & Noll, R., “*Environmental Markets in the Year 2000*”, *Journal of Risk and Uncertainty*, Número 3, 1990, pp. 351–367.

⁷⁴ Valdemoro Erro, M^a J. “*Externalidades medioambientales y mecanismos de mercado: el comercio de permisos de emisión*”, *Mitos y realidades del cambio climático*, Revista del Instituto de Estudios Económicos, Números 3 y 4, Madrid, 2006, p. 287.

- Garantizar que cada participante cubre sus emisiones con los permisos correspondientes.
- Que el control sea preciso tanto para las reducciones como para las emisiones.
- Asegurar la transparencia, con información pública y accesible, haciendo rendir cuentas a los participantes.
- Que se incluyan penalizaciones para quien incumpla las reglas.
- Que garantice credibilidad entre los participantes, sin generar incertidumbre en cuanto a la duración de su existencia.

Los mercados de emisión que se han desarrollado hasta ahora, cumplen la mayoría de estas condiciones. Los Estados Unidos fueron pioneros en el uso de los permisos de polución negociables para controlar la contaminación, estableciendo patrones de calidad del aire a nivel nacional bajo el “Clean Air Act” de 1970, a la que siguió en 1973 un programa para reducir el contenido de plomo de las gasolinas⁷⁵. Por otro lado, como a mediados de esa misma década se observó que los diferentes estados no cumplían los objetivos, el Congreso instó a la “Environmental Protection Agency” (EPA) a negar permisos en zonas donde no se cumplían los patrones de calidad del aire. Sin embargo, este mandato produjo un conflicto entre la política medio ambiental y el crecimiento económico, ya que algunos Estados no podían cumplir los objetivos al contar con industrias pesadas. El uso de los primeros esquemas de comercio de emisiones surgió, por tanto, como respuesta a los conflictos que aparecieron con estos Estados.

Los problemas generados hicieron que se creara en 1977 el “Offset Program” para contaminantes del aire, lo que permitió la primera aplicación práctica de los permisos de contaminación negociables, incluyéndose años más tarde en este sistema de comercio otros elementos⁷⁶.

En Europa, el sistema de “bubbles” se ha introducido con éxito en Holanda y Dinamarca en las emisiones de dióxido de sulfuro (SO₂) y óxido de nitrógeno (NO_x) relativas al sector de la energía⁷⁷. En paralelo, también se han producido fracasos en Polonia, Alemania o Reino Unido, donde un programa para el control de emisiones de dióxido de sulfuro (SO₂) fue retirado por los conflictos producidos en relación con los principios regulatorios y la equidad de las asignaciones de cuotas y permisos. En otras ocasiones, se han generado problemas debido a la oposición de diferentes grupos. Por ejemplo, en Estados Unidos no prosperó un programa de derechos para los bancos de fletán de Alaska, y en Noruega, el sector del marisco rechazó un programa de este tipo⁷⁸.

En el año 2001 se creó el **mercado danés de emisiones CO₂**, el cual operaba a través de un sistema “cap and trade” con horizonte temporal de 2003, y estableció para los generadores de

⁷⁵Koutstaal, P., *Economic Policy and Climate Change – Tradable Permits for Reducing Carbon Emissions*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 1991, p. 7; y éste de Nussbaum, B., “Phasing down Lead in Gasoline in the US: Mandates, Incentives, Trading and Banking”, *Climate Change – Designing a Tradable Permit System*, OECD, Paris, 1992.

⁷⁶Hanley, N., Shogren, J. F. & White, B., op. cit., pp. 95–114.

⁷⁷Koutstaal, P., op. cit., p. 8.

⁷⁸Valdemoro Erro, M^a J., op. cit., p. 282.

electricidad, un límite de 22 millones de toneladas de CO₂ para el año 2001 con cuotas decrecientes, ya que cada año se rebaja el límite en un millón de toneladas.

Por su parte, el **sistema británico** comenzó a funcionar en agosto de 2001. Tras una primera fase administrativa, comenzó a ser operativo en abril de 2002. Su configuración es abierta, y sus empresas participantes pueden vincular al sistema todos los gases de efecto invernadero de todos los sectores. Tiene un carácter voluntario, con diferentes vías para que las empresas participen en él.

El sistema que ha tenido un mayor éxito es el denominado **mercado europeo de emisiones CO₂**. Este éxito animó a la Comisión Europea a presentar una propuesta en el año 2000 que proponía el uso del comercio de emisiones⁷⁹. En ella, estimaba que el coste de cumplir con los acuerdos del Protocolo de Kioto se elevaría a:

- 9.000 millones de Euros sin el uso del comercio de emisiones;
- 7.200 millones de Euros con el comercio entre productores de energía;
- 6.900 millones de Euros con el comercio entre productores y grandes usuarios de energía;
- 6.000 millones de Euros con el comercio entre todos los sectores.

es decir, en este documento se constataba que un sistema de comercio de emisión entre todos los sectores reduciría los costes necesarios para cumplir con los compromisos de Kioto en un 33%.

Ello animó a la Unión Europea a lanzar en enero de 2005, el denominado “European Union Emissions Trading Scheme” (EU ETS), considerado como el mayor mercado internacional de emisiones de efecto invernadero⁸⁰. La fase I del esquema se lanzó el 1 de enero de 2005, y llegará hasta finales de 2007. Una segunda fase tendrá lugar entre 2008 y 2012.

Entre los sectores que actualmente están incluidos podemos encontrar: generación de energía, producción de metal, cemento y papel. En siguientes fases, propone estudiar la inclusión de otros sectores, como el químico, el aluminio y el transporte. Los Estados miembros decidirán, a través de los Planes Nacionales de Asignación (PNA), la cuota o total de derechos asignados en cada fase, y cómo se distribuyen entre las diferentes empresas. Estos planes están sujetos a la aprobación de la Comisión.

Las asignaciones no deben superar los niveles necesarios para cumplir con los objetivos de Kioto; por su parte, las empresas han de proporcionar un informe anual, que debe estar auditado. En la fase I, el esquema cubre menos del 40% de las emisiones de los 25 países que componen la Unión Europea, con un valor de más de 90.000 millones de Euros⁸¹. La mayoría

⁷⁹ *Green Paper on Greenhouse Gas Emissions Trading with the European Union*, European Commission, Bruselas, 2000.

⁸⁰ Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo.

⁸¹ Según aparece en el “*Stern Review*” asume 2.000 toneladas asignadas para cada 1 de los 3 primeros años de la primera fase, con un precio medio de 15 Euros. En dólares, el valor sería de 115.000 millones, con un precio de 19 dólares, en Stern, N., op. cit., p. 357.

de estos permisos han sido asignados gratis a las instalaciones incluidas en el esquema. Según Scheleich y Betz, sólo un 0,2% serán subastadas⁸².

Se estima que la unión del sistema europeo con otros esquemas – incluyendo Estados Unidos y Japón – podría mejorar la liquidez del mercado de derechos de emisión. De hecho, el EU ETS se podría configurar como el núcleo de un mercado mundial del dióxido de carbono. Es preciso tener en cuenta que el volumen del mercado europeo ha llegado a 374 millones de toneladas de CO₂e. De hecho, junto con Japón, la Unión Europea ha aglutinado el 90% de los derechos de emisiones adquiridos dentro del programa CDM del Protocolo de Kioto⁸³.

No obstante, en el mercado europeo también hay problemas de implementación, destacando las dificultades para asegurar la escasez en el mercado. Hay que tener en cuenta que los planes de asignación son la suma de 25 países con decisiones tomadas a diferentes niveles. Como resultado, la asignación de la fase I sólo ha mejorado en el 1% las emisiones que hubieran existido en condiciones normales.

⁸² Stern, N., op. cit., p. 358, y Scheleich, J. & Betz, R., *Incentives for Energy Efficiency and Innovation in the European Emissions Trading System*, European Council for an Energy Efficient Economy, Estocolmo, 2005.

⁸³ Capoor, K. & Ambrosi, P., *State and Trends of the Carbon Market 2006*, World Bank, Washington, 2006.

VII.- Decisiones Políticas: Estabilización de las emisiones de GHG y crecimiento económico.

En el año 1980, el economista Lester C. Thurow⁸⁴ afirmaba: “...tiene sentido limitar el ecologismo a cuatro preocupaciones importantes: la contaminación del aire, la tierra y el agua; el agotamiento de los recursos naturales no renovables, la preservación de las especies y de la vida salvaje; y los factores sanitarios y de seguridad en la producción industrial. Hay tres preguntas que se deben formular a cada una de estas preocupaciones. 1) ¿Cuáles son las interrelaciones entre el crecimiento económico y la calidad del medio ambiente? 2) ¿Deben las políticas públicas tratar de limitar el crecimiento económico para mejorar las condiciones ambientales? 3) Si se emplean políticas públicas para limitar el crecimiento económico, ¿qué sucederá con la distribución del ingreso?”. Es decir, hace veintisiete años, cuando no había ni Protocolo de Kioto ni Informe Stern, ni los cuatro IPCC's elaborados, este economista era consciente de que debía plantearse la posibilidad de lentificar el crecimiento del PIB para lograr mejorar el medio ambiente. Aunque añade “Incluso el producto [...] puede no disminuir[...] Si reducimos la inversión para hacer lugar a los gastos de la contaminación, el producto convencional crecerá menos rápidamente, dado que el capital crecerá más lentamente.”.

Antes de los acuerdos de Kioto, la estrategia española de lucha contra el cambio climático estaba ya enmarcada en el Plan Energético Nacional (PEN) 1991-2000, en el que se limitaba el crecimiento de las emisiones de CO₂ de origen energético en un 25% para la década considerada, tomando como base los registros de 1990. Este crecimiento era consecuente con las perspectivas de crecimiento económico de dicha década y con la entonces baja tasa de emisiones per cápita, claramente inferior a la media europea, tal y como podemos ver el cuadro siguiente⁸⁵:

Emisiones per cápita de carbono y CO ₂ e en 1990 (*)		
Estados europeos	Emisiones carbono	Emisiones CO ₂ e
Bélgica	2,8	10,3
Dinamarca	3,2	11,7
Alemania	3,2	11,7
Grecia	1,6	5,9
España	1,2	4,4
Francia	1,7	6,2
Irlanda	2,2	8,1
Italia	1,7	6,2
Luxemburgo	8,4	30,8
Países Bajos	2,9	10,6
Portugal	0,7	2,6
Reino Unido	2,8	10,3

⁸⁴ Thurow, L.C., *La sociedad de suma cero*, Ediciones Orbis, Barcelona, 1985. Primera edición en inglés de Basic Book, Inc., 1980, pag. 112 y 114.

⁸⁵ Alonso, L.H. y Maganto, G., El cambio climático. Estrategias comunitarias y nacionales de limitación de emisiones en la industria y en el consumo y generación de energía. Revista El Campo de las Ciencias y las Artes, Servicio de Estudios BBVA, N° 137, 2000, pag. 316.

(*) expresadas en toneladas; la conversión de emisiones de carbono en emisiones de CO₂ se realiza multiplicando por 44/12.

Antes de la finalización del Plan anterior, se llegó al Acuerdo de la Presidencia del Consejo de Medio Ambiente de la Organización de las Naciones Unidas de Junio de 1998, que permitía que España experimentara un incremento del 15% en las emisiones de dióxido de carbono (o equivalente de otros GHG's) respecto del nivel existente en 1990.

Sin embargo, hasta el año 2005 las emisiones de CO₂ habían aumentado en España un 52,2% respecto a los niveles de 1990 y superando así ampliamente el límite del 15% acordado, todo ello según las últimas cifras publicadas por la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente.

Las tendencias climáticas previsibles en España⁸⁶, para el último tercio del siglo XXI en comparación con el período 1961-1990 son las siguientes:

- Incremento progresivo de la temperatura media entre 2° C y 5° C.
- Calentamiento más acusado (unos 2° C más) en verano que en invierno.
- Calentamiento superior (unos 2° C más) en el interior que en las costas e islas.
- Mayor frecuencia de anomalías térmicas, en especial, de días con temperaturas máximas elevadas en primavera y verano.
- Disminución de la precipitación (entre un 5 y un 20%), exceptuando Canarias.
- Mayor reducción pluviométrica en primavera y verano. Probable aumento de la lluvia invernal en el oeste y otoñal en el nordeste.
- Probable aumento de los riesgos climáticos (olas de calor, precipitaciones torrenciales, sequías, etc.).

¿Cuáles son las causas? Evidentemente, la principal, y tal y como hemos indicado ya, es el consumo de combustibles fósiles, el cual a su vez está íntimamente ligado al crecimiento económico. Por tanto, está claro que el aumento del PIB tiene que estar necesariamente correlacionado con el volumen de emisiones. Comprobémoslo para el caso español:

Año	PIB (millones €)	Deflactor PIB	PIB en mill. € constantes	Índice PIB (base 1990)	Índice PIB (base 1995)	Emisiones GHG's (m.toneladas CO ₂ e)	Índice Emisiones (base 1990)	Índice Emisiones (base 1995)
1990	392.471*	100	392.471	100,00	113,65	287,4	100,00	90,26
1991	407.550*	105,50	386.303	98,43	111,86	294,0	102,30	92,34
1992	417.144*	111,09	375.501	95,68	108,73	301,3	104,84	94,63
1993	420.085*	116,53	360.495	91,85	104,39	289,9	100,87	91,05
1994	425.965*	121,55	350.444	89,29	101,48	306,2	106,54	96,17

⁸⁶ Martín Vide, J. et. al., op. cit.

Año	PIB (millones €)	Deflactor PIB	PIB en mill. € constantes	Índice PIB (base 1990)	Índice PIB (base 1995)	Emisiones GHG's (m.toneladas CO ₂ e)	Índice Emisiones (base 1990)	Índice Emisiones (base 1995)
1995	437.785	126,77	345.338	87,99	100,00	318,4	110,79	100,00
1996	464,251	130,83	354.851	90,41	102,75	310,9	108,18	97,64
1997	494,144	133,45	370.284	94,35	107,22	331,8	115,45	104,21
1998	539.519	135,31	398.728	101,59	115,46	342,0	119,00	107,41
1999	579.942	139,24	416.505	106,12	120,61	370,2	128,81	116,27
2000	630.263	144,81	435.234	110,90	126,03	384,4	133,75	120,73
2001	680.678	148,72	457.691	116,62	132,53	384,8	133,89	120,85
2002	729.206	154,67	471.459	120,13	136,52	402,2	139,94	126,32
2003	785.531	158,69	495.010	126,13	143,34	409,5	142,48	128,61
2004	840.106	163,77	512.979	130,70	148,54	425,2	147,95	133,54
2005	905.455	169,82	533.185	135,85	154,40	440,6	153,31	138,38
2006	976.189	174,41	559.709	142,61	162,08			

Fuente: INE, Eurostat, Ministerio de Medio Ambiente y elaboración propia.

*.- En el enlace entre 1994 y 1995 presenta problemas que hacen que las cifras del período 1990 a 1994 sean poco fiables.

El coeficiente de correlación de ambos índices es del 93,04%, lo que demuestra claramente qué es lo que afecta al cambio climático. De ahí que nuestro hilo conductor será estimar cómo afectaría a las previsiones establecidas para España el cumplimiento de los compromisos de Kioto mediante el establecimiento de un impuesto sobre las emisiones.

No obstante, y como es bien sabido, el PIB está compuesto de la aportación de muchos sectores, y lógicamente no todos ellos originan emisiones de dióxido de carbono (pensemos, por ejemplo, en banca o seguros). Martín Vide et al.⁸⁷ considera importantes los cambios en la denominada **intensidad energética**, relación existente entre la energía consumida en un territorio, en términos físicos, y la producción generada, medida por el PIB a precios constantes, esto es, la energía requerida por unidad de producto. Por ejemplo, una disminución de este indicador respondería a un incremento de la eficiencia en el uso de la energía. Sin embargo, dicho indicador presenta serias limitaciones a la hora de hacer evaluaciones sectoriales, tanto en el volumen de energía primaria consumida como en las emisiones dimanadas de dicho consumo.

Asimismo, cualquier análisis de los impactos generales o macroeconómicos producidos por la contaminación, debería conllevar una estimación de la distribución de los mismos por sectores, ya que no contamina lo mismo el sector energético que el sector textil. También es preciso tener en cuenta que a pesar de la importancia del PIB, existen otras variables susceptibles de afectar los niveles de contaminación por dióxido de carbono, tales como la **población** (incluyendo las diferentes tasas de natalidad, de cara a proyectar cuotas futuras), la **superficie**, el **nivel actual de emisiones** y las **emisiones históricas**. Por consiguiente, y aunque nuestro objetivo esté centrado en el PIB, tendremos que tener en cuenta el resto de los factores susceptibles de afectar al resultado final.

⁸⁷ Martín Vide, J. et al., op. cit., pag. 43.

En particular y en nuestro país, consideramos que uno de los factores básicos condicionantes del volumen de emisiones es la **población**. De hecho, en el modelo de Kaya, que se comentará en el punto siguiente, es la única variable que no constituye un índice. De cara a una simulación de este modelo para años futuros, parece lógico que tratemos de estimar cuál es el volumen de población que tendrá España en las próximas décadas.

Aunque existen numerosos métodos de estimación, desde mediados del siglo XX, el método de las componentes ha sido la principal técnica empleada para la elaboración de proyecciones de población para horizontes temporales a largo plazo. De acuerdo con este método, la población en un momento futuro es igual a la suma de la población en el momento actual, más los nacimientos menos las defunciones y añadiendo el saldo neto de migraciones ocurridas durante el período de proyección⁸⁸.

Evidentemente, cada una de las componentes a agregar tiene un cierto grado de incertidumbre, que se incrementa a medida que aumenta el horizonte temporal. Los expertos en población suelen establecer diferentes escenarios, en función de las distintas hipótesis que se asumen. En el caso español, hay dos variables muy significativas a tener en cuenta: la tasa de fecundidad femenina y la creciente inmigración latinoamericana y magrebí. Asimismo, esta última variable es susceptible de influir en la primera. En paralelo, se está produciendo un creciente fenómeno de familias unipersonales, esto es, personas, tanto hombres como mujeres, que viven solos, que no se casan y que no tienen hijos. En algunas estimaciones se calcula que ya puede haber en España entre cinco y siete millones de personas en esta situación, lo cual podría producir una disminución de la tasa de natalidad en el segmento nacional, que podría compensar el aumento que en dicha tasa tendrían los inmigrantes. Por último, el fenómeno de la inmigración en España es relativamente reciente, en comparación con otros países europeos. Sabemos que vienen, sabemos que se establecen, sabemos que tienen muchos hijos, pero no sabemos si después regresarán a su país, o si definitivamente se verán cautivados por el “sueño europeo”.

La fuente más sólida de que disponemos es el último Censo del Instituto Nacional de Estadística del año 2001, del cual vamos a considerar el primero de sus escenarios proyectivos, habida cuenta de que las últimas cifras del año 2006 nos confirman el fuerte crecimiento de la población española en estos años. Los datos básicos que vamos a utilizar son los siguientes:

Total nacional. Población por fecha de referencia.				
Unidad: personas		Ambos Sexos		
31 de diciembre del año:	2006	2035	2050	
Total	43.995.097	51.963.530	53.147.442	

1) Proyecciones de población Base Censo 2001: ESCENARIO 1

2) Indica la fecha dentro del año para la que se calculan las poblaciones.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Como podemos ver, la proyección para el año 2006 era inferior a los 44 millones de habitantes, mientras que la actualización que se realizó hace algunos meses por el propio INE ya hablaba de 45 millones, al margen de los aproximadamente 700.000 “sin papeles” que

⁸⁸ Cereijo, E. y Velázquez, F.J., Cambios en la Estructura de la Población en la Unión Europea. Fundación de las Cajas de Ahorros, Estudios de la Fundación, Madrid, 2005, pag. 129.

puede haber en nuestro país. El efecto “inmigración” es, por tanto, más importante de lo que está recogido en las proyecciones.

Si entramos más en profundidad en el fenómeno migratorio, en el Censo de 2001 había más de millón y medio de extranjeros:

<i>Sexo</i>	
Varón	803.516
Mujer	745.425
TOTAL	1.548.941

A estas cifras, tendríamos añadir las entradas netas estimadas ya en el Censo de 2001:

2002	647.867
2003	607.961
2004	507.500
2005	460.132
2006	417.449
Total	2.640.909

Si damos por buenas las últimas estimaciones, y que el segmento nacional ha sido proyectado adecuadamente, ello supondría que los extranjeros en el año 2006 serían:

Censo 2001:	1.548.941
Proyección Censo 2001:	2.640.909
Diferencia Actualización 2006:	1.004.903
Estimación “sin papeles”:	700.000
Total inmigrantes:	5.894.753

Las cifras anteriores podrían llegar a suponer que casi el 13% de la población residente en España es extranjera, con lo que ello supone en materia de diferente tasa de natalidad de cara a las proyecciones. Bien es cierto que no todos los inmigrantes tienen el carácter de jóvenes buscando un nuevo porvenir, ya que hay comunidades de europeos que simplemente residen en España por que han elegido nuestro país para retirarse después de su jubilación. Si profundizamos en el Censo de 2001, podemos ver que de los 1.548.941 inmigrantes, 296.129 corresponden a países europeos o norteamericanos, sobre todo alemanes y británicos, que son en su mayoría residentes de tercera edad, y que lógicamente no generarán nuevos inmigrantes por el efecto natalicio.

Ahora bien, estos residentes no tienen porque crecer, ya que normalmente residen en España hasta que ya no se pueden valer por sí mismos, y entonces regresan a su país para acabar allí sus días, siendo sustituidos por nuevos retirados. Este fenómeno se ha dado durante décadas en España, por lo que el ciclo neto de entradas y salidas no debería verse alterado. El incremento de envejecimiento de la población europea se compensaría por el incremento del nivel de vida en España, que cada vez se acerca más a la media europea y hace que otros destinos como Croacia, Grecia o Turquía sean más atractivos económicamente a los europeos de la tercera edad.

Por tanto, vamos a considerar como cifra base de inmigrantes “productivos” en el año 2006 la cantidad de 5,6 millones. El segmento nacional estaría formado por 39,8 millones. El 70% de los extranjeros se encuentra en edad fértil, y el 48% son mujeres, lo que supone que el 34% de los inmigrantes son mujeres en edad fértil, que pueden tener una media de 4 hijos cada una. Ello supondría que sin tener en cuenta las nuevas entradas, que ya estarían contempladas en las previsiones del INE, ni las previsiones de natalidad de los contemplados a 2006 (que no necesariamente tienen que estar previendo un índice de natalidad tan elevado), los actuales residentes no contemplados serían susceptibles de generar:

$$1.704.903 \cdot 0,34 \cdot 4 = 2.318.668$$

nuevos inmigrantes adicionales. Pero a su vez, estos nuevos inmigrantes tendrían descendencia, y la velocidad de generación no es la misma que en el segmento español. Si mantenemos el porcentaje de mujeres fértiles en el 34%, reducimos de cuatro a tres hijos por mujer (efecto europeización) y asumimos que el período de gestación estaría entre los 16 y los 25 años, para el año 2035 habría una nueva generación descendiente de la anterior, y para el año 2050 dos nuevas generaciones:

$$\text{Año 2035: } 2.318.668 \cdot 0,34 \cdot 3 = 2.365.041$$

$$\text{Año 2050: } 2.365.041 \cdot 0,34 \cdot 3 = 2.412.342$$

Por el contrario, el fenómeno del “español solitario” puede alterar las ya por sí bajas tasas de nacimientos del segmento nacional, que están en torno a 1,2 hijos por mujer. Siguiendo con el Censo del INE del año 2001, los nacimientos esperados para el año 2035 y 2050 son los siguientes:

$$\text{Años 2007 a 2035: } 12.749.018$$

$$\text{Años 2007 a 2050: } 19.021.275$$

Sin embargo, no disponemos de una segmentación entre nacimientos “nacionales” y nacimientos de inmigrantes, por lo que cualquier hipótesis podría ser arriesgada y nos distorsionaría el análisis. Sería lógico suponer que el INE ha tenido en cuenta este efecto en sus proyecciones, al menos parcialmente.

Por último, no podemos dejar de considerar la posibilidad de que una parte de los inmigrantes que han ido llegando, decidan volver a su país según vayan teniendo una cierta edad, o según vayan consiguiendo una determinada cifra de capital que les permita asegurar su vida futura en sus países de origen. Es difícil hacer una estimación de un fenómeno que ni siquiera se ha producido, pero vamos a considerar que el 60% de los inmigrantes regresarán a sus países transcurridos una media de veinticinco años en nuestro país (en dicha cifra incluimos las posibles defunciones de inmigrantes que podrían no haber sido consideradas en el Censo del INE). Ello supondría que el 60% de los inmigrantes actuales más los que lleguen de aquí al 2010, no deberían ser residentes en el año 2035, y análogo para el año 2050, en relación a las entradas hasta el año 2025. De nuevo volvemos al Censo del año 2001 del INE, respetando los retornos y defunciones de los inmigrantes contemplados, recogido en “Entradas netas”:

$$\text{Año 2035: Saldo actual no contemplados: } 1.704.903$$

$$\text{Nacimientos no contemplados: } 2.318.668$$

$$\text{Total: } \frac{4.023.571}{\quad} \quad \diamond \quad 60\%: 2.414.143$$

Dado que estos inmigrantes habrán retornado a sus países de origen, supondrán una disminución en la natalidad contemplada anteriormente, cifrada, con los mismos parámetros, en:

$$\text{Año 2050: } 2.414.143 \cdot 0,34 \cdot 3 = 2.462.426$$

con lo que los nacimientos no contemplados acumulados serían:

$$2.318.668 + 2.365.041 + 2.412.342 - 2.462.426 = 4.633.625$$

Año 2050:	Saldo actual no contemplados:	1.704.903
	Nacimientos no contemplados:	4.633.625
	Retornos a país de origen hasta 2035:	- 2.414.143

Total: 3.924.385 < 60%: 2.354.631

Con toda la información anterior, estamos en condiciones de actualizar el cuadro inicial en relación con la proyección del total de población española, considerando asimismo las entradas netas de extranjeros consideradas en el Censo del INE (8.274.763 para el período 2007-2035 y 12.291.529 para el período 2007-2050):

Año	2006	2035	2050
Población Censo INE	43.995.097	51.963.530	53.147.442
Actualización inmigrantes	1.704.903	1.704.903	1.704.903
Fertilidad inmigrantes	–	2.318.668	4.633.625
Retornos a país de origen	–	- 2.414.143	- 2.354.631
Población Efectiva	45.000.000	53.572.958	57.131.339
Población Inmigrante	5.894.753	14.074.041	20.465.276
% Población Inmigrante	13,10%	26,27%	35,82%

A partir del año 2050, la población inmigrante probablemente se estabilizará, y se generará una tasa específica de inmigración para España como país, aunque los efectos de la elevada natalidad de los inmigrantes, del “acortamiento” generacional de sus parejas, y del “español solitario”, podrían llevar esa tasa a índices no tolerables por algunos sectores de la sociedad.

En cualquier caso, estas cifras son fundamentales para la consideración del PIB per cápita y de las emisiones de carbono per cápita. Cada sujeto genera una cuota de contaminación, y no es lo mismo que haya 45 millones que 57 millones; todos necesitamos consumir electricidad, gas, gasolina, etc.

VIII.-Modelo económico de moderación de las emisiones y sus efectos económicos: simulación para el horizonte 2008-2050.

Establecer modelos económicos no es fácil, sobre todo por el hecho de que la Economía, como ciencia social que es, no es ni mucho menos una ciencia exacta, y lógicamente, si lo que queremos es poner en relación una variable dependiente (emisiones de dióxido de carbono) con una variable independiente (PIB), cuya correlación hemos comprobado antes, la forma en que lo hagamos será determinante para que el modelo elegido sea el correcto.

Existen modelos multiplicativos que evitan la asunción funcional, y que se basan simplemente en tomar una identidad e incorporar los mismos factores como numerador y denominador, de forma y manera que finalmente aparezca la variable independiente de la cual queremos hacer depender a la variable dependiente. Un modelo de este tipo, introducido por Kaya en 1989, podemos verlo en Martín Vide et al.⁸⁹ :

$$C(t) = \frac{C(t)}{EP(t)} \cdot \frac{EP(t)}{PIB(t)} \cdot \frac{PIB(t)}{POB(t)} \cdot POB(t)$$

siendo: C(t): Emisiones totales de dióxido de carbono equivalente.

EP(t): Consumo de energía primaria total reducido a unidades energéticas

Equivalentes (toneladas equivalentes de petróleo, julios, kilowatios hora, etc.).

PIB(t): Producto Interior Bruto a precios constantes.

POB (t): Población.

todas ellas referidas a un determinado período “t”, por ejemplo, un año.

Con el fin de examinar la relación entre el comportamiento de la economía española y emisiones totales de CO₂, los autores descomponen la segunda variable explicativa – intensidad energética- de tal forma que la nueva expresión permite analizar las respectivas contribuciones de las fuentes energéticas fósiles respecto a la energía primaria total, la cantidad de energía primaria utilizada en el conjunto de la economía y, por último, la necesidad de energía final por unidad de producto a precios constantes. Contamos así con tres índices adecuados para explicar la evolución de las emisiones de dióxido de carbono desde 1960 hasta 2003.

Los autores resumen el período inicial – 1960 hasta principios de los años ochenta- como una fase de rápido crecimiento económico que provoca un sustancial incremento de la intensidad de emisión. Durante la década de los ochenta se combina un rebrote de la actividad económica en su segunda mitad con una caída del resto de los factores explicativos de las emisiones entre 1981 y 1988.

En la década de los noventa y en los primeros años de la década actual hay un claro paralelismo entre el incremento del PIB y el aumento de las emisiones de dióxido de carbono. Asimismo, los cambios en los modos de consumo y el incremento del gasto de transporte,

⁸⁹ Martín Vide, J. et al., op. cit., pag. 46.

con un aumento muy significativo de la flota de vehículos, ha producido un incremento muy significativo durante este período, centrado en los hábitos de consumo.

La actual afluencia de inmigrantes traerá probablemente una eclosión parecida en la segunda década del presente siglo, cuando estos se hayan arraigado y accedido a un nivel de renta suficiente para adquirir vehículos e incrementar el número de electrodomésticos per capita, al tiempo que un gran número creciente de ellos adquiere su propia vivienda.

En los últimos años, el peso de la responsabilidad del crecimiento de las emisiones se ha producido entre los denominados sectores productivos de la economía y el resto (hogares y transporte), tal y como nos indican Martín Vide et al.⁹⁰: “...entre el período de 1991/93 a 2001/03 se da una evolución paralela y un tanto mayor de los sectores productivos. Las emisiones de los sectores productivos habrían crecido un 37,7% y las emisiones totales un 36,3%.”. Los mismos autores, al señalar los sectores económicos más contaminantes, concluyen que en el año 2003 han sido Industria, Transporte y Carretera, en el entorno de los 100 millones de toneladas de dióxido de carbono por año cada uno de ellos. Subrayan, asimismo, que uno de los sectores con mayor efecto inductor es el de la Construcción, estimando que un incremento del 1% en la actividad productiva de dicho Sector, genera un 1,6% de incremento en las emisiones de dióxido de carbono. Ello justificaría en parte el fuerte incremento de emisiones de España en los últimos años, coincidiendo con un período fuertemente expansivo en el sector de la Construcción.

Mención aparte, y siguiendo con los datos del informe de los autores anteriores, es el hecho de que las emisiones de dióxido de carbono relativas al Sector Transporte, sobre todo el de carretera, se han más que duplicado en el período 1986-2003, llegando a suponer un 35,8% del total de emisiones que se producen en España. El mayor crecimiento anual lo experimenta el Sector de Comercio y Servicios, aunque todavía sólo supone un 11% del total de emisiones. Y es que la contención experimentada por los sectores productivos en los últimos años en España, no ha sido suficiente para compensar los fuertes incrementos producidos en el consumo energético de hogares y transporte. De hecho, el transporte en España es responsable de más del 60% del consumo de los productos petrolíferos en España.

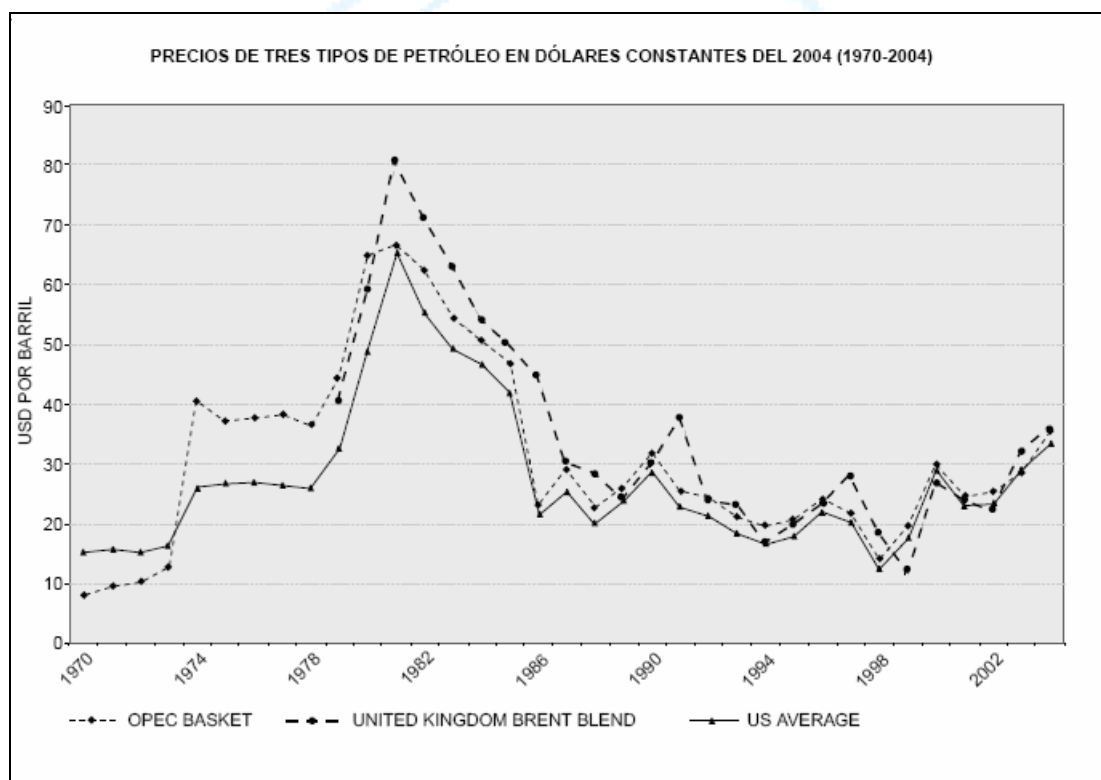
El estudio citado muestra como, desde comienzos de los años 60 del pasado siglo hasta la primera mitad de los 80, la economía española no solo dependía estrechamente del consumo de combustibles fósiles sino, también, cuán poco eficiente era su utilización. Estos rasgos permiten ilustrar los efectos de los dos grandes *shocks* del petróleo –en 1973 y 1979– en nuestra economía y, en cierto modo, podrían servir de falsilla para estudiar la reacción de nuestra economía si los poderes públicos se decidiesen a poner en práctica hoy una política rigurosa de contención del cambio climático.

La razón reside en que las subidas de precios experimentadas por el crudo en esos años podrían asemejarse actualmente a la implantación un impuesto sobre las emisiones de CO₂ –o, alternativamente, al cobro de una cantidad por cada permiso de emisión concedido-. En todo caso y volviendo al pasado, entre 1920 y 1970 el precio del petróleo osciló en torno a los 5\$ el barril hasta 1973, en que superó ampliamente los 10\$. La segunda crisis, la de 1979, elevó dicho precio desde los 15 hasta los 40\$ en un breve espacio de tiempo, generando una

⁹⁰ Martín Vide, J. et al., op. cit., pag. 53.

volatilidad al alza y a la baja que, en episodios cortos, fueron empujando los precios hasta un nivel cercano a la última cifra citada si bien durante cortos períodos de sobreproducción se registraron descensos en los precios hasta la zona de los 10-10,5\$ el barril.

En el gráfico siguiente puede observarse la evolución de los precios de tres tipos de petróleo a lo largo del período 1970-2004 así como el efecto económico de las dos crisis: la de 1973 y la de finales de 1979 y comienzos de 1980.



Fuente: S. Niño y M. Martínez – *Boletín Económico ICE*, nº 2820, oct.2004

Como es de sobra conocido, ambas crisis afectaron notablemente a la evolución del PIB per cápita en España. Debido a los considerables y súbitos aumentos en el precio del petróleo decididos por la OPEC. En ese mismo trabajo, S. Niño y M. Martínez muestran que, en valores constantes del año 2004, el producto por cabeza a duras penas creció entre 1973 y 1974 como resultado del primer *shock* del petróleo y prácticamente se estancó entre 1978 y 1981 a consecuencia de la segunda subida del precio del crudo decidida por la OPEC.

Esas dos apreciaciones de carácter general se confirman si, como se observa en el siguiente cuadro, nos detenemos en la evolución de las cuatro variables claves del modelo que a continuación explicaremos durante esos años – o sea, el valor añadido del sector privado, su

deflactor, los ocupados en el mismo y el consumo privado real- para lo cual dividimos el período 1964-2006 en cuatro etapas : una previa a la Guerra del Yom Kipur (1964-72); la siguiente, que comprende desde 1973 hasta 1979; una tercera en la cual los efectos del segundo *shock* están presentes hasta 1985 y la cuarta y final , que se inicia al año siguiente y se prolonga hasta 2006. Es fácil comprobar las profundas repercusiones que ambas originaron en la economía española en comparación con su marcha en los períodos inicial y final, durante los cuales los precios del petróleo permitieron un crecimiento mucho más regular de las cuatro variables antes mencionadas.



	Valor añadido del Sector Privado real (PYER)	Deflactor del valor añadido del sector privado sin impuestos (PYED)	Ocupados del sector privado (PLN)	Consumo privado real (PCR)	Precio del barril del petróleo OPEC	Tasas de Crecimiento Medio anual			
Año	millones de euros año 2000	Índice	miles de personas (empleo equivalente a tiempo completo)	millones de euros año 2000	\$ por barril	Valor Añadido Sector Privado	Deflactor del Valor Añadido	Ocupados Sector Privado	Consumo Privado Real
1964	158.014	0,0405	#N/A	#N/A	2,88				
1965	167.895	0,0443	#N/A	#N/A	2,86				
1966	180.060	0,0478	#N/A	#N/A	2,88				
1967	187.876	0,0519	#N/A	#N/A	2,92				
1968	200.269	0,0550	#N/A	#N/A	2,94	6,28%	7,40%		
1969	218.109	0,0578	#N/A	#N/A	3,09				
1970	227.369	0,0613	#N/A	#N/A	8,03				
1971	237.939	0,0661	11.648	165.534	9,35			1,06%	8,30%
1972	257.329	0,0717	11.772	179.274	10,22				
1973	277.372	0,0802	12.061	193.257	12,82				
1974	292.956	0,0930	12.123	203.113	40,64				
1975	294.544	0,1086	11.909	206.769	37,26	3,05%	17,39%	- 0,80%	3,40%
1976	304.276	0,1265	11.782	218.348	37,74				
1977	312.914	0,1561	11.687	221.624	38,24				
1978	317.490	0,1883	11.374	223.618	36,39				
1979	317.624	0,2202	11.130	226.525	44,34				
1980	321.755	0,2497	10.879	227.884	64,94				
1981	320.389	0,2766	10.534	225.612	66,76				
1982	323.342	0,3149	10.404	225.704	62,63	1,19%	11,11%	-11,51%	0,35%
1983	328.484	0,3481	10.326	226.584	54,48				
1984	333.835	0,3842	10.020	226.133	50,72				
1985	340.901	0,4143	9.849	231.294	46,89				
1986	351.663	0,4610	10.055	239.169	23,05				
1987	371.061	0,4903	10.522	253.405	29,16				
1988	390.061	0,5234	10.860	265.799	22,50				
1989	407.838	0,5582	11.199	280.223	26,07				
1990	421.123	0,5992	11.583	290.059	31,80				
1991	430.356	0,6401	11.672	298.430	25,54				
1992	432.804	0,6734	11.446	304.915	24,55				
1993	426.894	0,7175	11.065	299.116	21,10				
1994	437.705	0,7431	11.009	302.359	19,58				
1995	448.812	0,7821	11.222	307.543	20,66				
1996	460.053	0,8071	11.365	314.554	24,15	3,30%	4,84%	2,41%	3,36%
1997	479.481	0,8251	11.797	324.626	21,75				
1998	502.664	0,8418	12.341	340.186	14,07				
1999	528.404	0,8583	12.946	358.192	19,59				
2000	555.706	0,8874	13.676	375.981	29,93				
2001	576.270	0,9299	14.128	388.875	24,39				
2002	591.714	0,9706	14.482	399.679	25,30				
2003	608.607	1,0070	14.834	410.946	28,53				
2004	627.859	1,0419	15.243	428.311	35,57				
2005	649.927	1,0796	15.735	446.320	54,52				
2006	674.042	1,1186	16.254	462.748	65,14				

Otro trabajo interesante sobre los efectos económicos del control del cambio climático es el de M. González Ruiz de Eguino. Su estudio se enmarca en un modelo de equilibrio general aplicado (MEGA) cuyos fundamentos se remontan a las aportaciones de Arrow, Debreu y Hahn y en el cual, de acuerdo con la formulación de Ramsey, los consumidores ajustan de forma flexible las proporciones de ahorro y consumo con el fin de maximizar su utilidad a lo largo de su horizonte temporal.

La función de producción, que caracteriza la tecnología empleada, incorpora como variables dependientes el capital, el trabajo, los materiales y servicios y la energía, siendo esta función, a su vez, de los combustibles fósiles y de la electricidad. El cambio tecnológico es una variable exógena caracterizada por un parámetro que engloba todas las mejoras de eficiencia previsible en emisiones de GHG's, mientras que el estado de la tecnología está definido mediante funciones de producción específicas para cada tipo de sector.

La política ambiental se implementa mediante un mercado de permisos de emisión que incluye a todos los sectores. Los permisos son repartidos y limitados por el Estado, y constituyen un input necesario para la producción y el consumo. Se consideran Sectores Productivos la Industria y la Agricultura, el Transporte, Comercio y Servicios, la Energía Fósil (carbón, petróleo y gas) y la Electricidad, siendo los Consumidores, Empresas y Administraciones Públicas los sectores productivos. Por su parte, el gobierno recauda los impuestos y cobra por los permisos de contaminación. Los ingresos recibidos por los impuestos y permisos relativos a la contaminación son devueltos vía transferencias o mediante la reducción de otros impuestos a los consumidores, manteniendo siempre un nivel de gasto público constante.

Con este armazón el modelo permite a M. González estimar, primero, unas proyecciones de la situación en la cual no se realiza control alguno sobre las emisiones, que evolucionan al ritmo derivado del crecimiento económico – en su caso un 2,5% anual–, y que califica siguiendo la terminología anglosajona como de “Business as usual” (BAU). Pues bien, los resultados son los siguientes:

Millardos €	1995	2010	2030	2050
PIB	495	716	1.174	1.923
Producción	707	1.024	1.678	2.750
Consumo Privado	250	362	594	973
Inversión	141	204	334	547
Importaciones	96	139	228	374
Exportaciones	95	137	225	369
Producción Agrícola	27	39	64	104
Producción Industrial	322	467	765	1.254
Producción Servicios	358	518	849	1.392
Consumo Agrícola	4	6	10	17
Consumo Industrial	75	108	177	290
Consumo Servicios	171	248	407	666
Consumo energía (total mill. Tm. equiv. Petróleo)	66	96	157	256
Consumo Productores	55	79	130	212
Consumo Consumidores	11	16	27	44
Emisiones totales	325	445	542	719
Emisiones combustión	232	328	405	549
Emisiones proceso	93	117	137	170
Consumo Gobierno	82	119	194	318
Balance Comercio Internacional	-1	-2	-3	-5

Al hilo de estos resultados acerca de la evolución de nuestras principales magnitudes económicas en el trabajo de M. González, puede ser oportuno mencionar que las Universidades de Cantabria y Castilla-La Mancha, así como la Fundación para la Investigación del Cambio Climático, han realizado estudios, encargados por el Ministerio de Medio Ambiente, con objeto de precisar los posibles impactos que el aumento de las temperaturas tendrían sobre nuestro país en un escenario temporal que se extiende hasta finales del presente siglo. Aun desconociendo los detalles precisos de dichos estudios y basándonos únicamente en las informaciones publicadas en la Prensa hemos intentado cuantificar esos impactos y ponerlos en relación con el PIB del año 2040 proyectado por nosotros.

A tal fin hemos calculado los daños ocasionados sobre el parque de viviendas en las zonas costeras afectadas por la elevación del nivel del mar así como sobre una serie de infraestructuras, equipos y maquinaria, añadiendo un porcentaje de pérdidas en los sectores agrícola y pesquero, la reducción en los ingresos por turismo y un aumento del gasto sanitario debido a nuevas enfermedades y a mayores cuidados a una población más expuesta a todo tipo de contratiempos en su salud.

El resultado obtenido indica que de materializarse esos efectos catastróficos como consecuencia de la falta de medidas inmediatas para contener el cambio climático y mitigar en la medida de lo posible sus consecuencias más dramáticas, las pérdidas en el año 2040 podrían oscilar entre el 15 y el 19% del PIB de ese año.

Volvamos al trabajo de M. González que estábamos comentando. Su segundo escenario –que califica como “Kyoto 2050”– supone implantar una política decidida que se encamine a cumplir los objetivos de Kioto, lo cual supone que deberíamos reducir en un 50% las emisiones respecto a lo que ocurre con el escenario BAU. El mayor esfuerzo de reducción se debería dar en el período 2010-2015, bajando las emisiones en torno al 20%. Una vez alcanzado el límite de Kioto, el objetivo sería mantener el nivel, por lo que únicamente sería necesario reducir las emisiones derivadas del crecimiento económico. Ello supondría que en el período 2015-2050, la reducción sería constante y se situaría entre un 4 y un 5% por quinquenio.

Con las supuestos anteriores, el PIB se reduciría en el año 2050 en un 1,27% respecto al de 1995, con una caída mayor en la inversión (2,55%) y menor en el consumo (0,77%). Una reducción del consumo energético del 23% es compatible con la disminución anterior del PIB, reduciéndose las emisiones un 51%. El precio de los permisos irá creciendo más que proporcionalmente, partiendo de 5,2 € en 2015 para llegar a 25 € en 2030 y a 92 € por tonelada en 2050.

Inscrito más en el propósito del trabajo de M. González que en el de Martín Vidé *et al.*, nuestro objetivo en esta parte final del trabajo reside en intentar cuantificar los hipotéticos impactos que una decidida política medio ambiental mantenida por los gobiernos de España desde el año 2008 al 2050 tendría para algunas magnitudes claves de nuestra economía: el producto –reflejado en términos de valor añadido– del sector privado real, el empleo creado en el mismo, los precios –medidos por su deflactor sin impuestos– y el consumo del mismo. Siguiendo las líneas maestras del modelo del Banco de España⁹¹ hemos añadido el supuesto según el cual los poderes públicos adoptan una serie de medidas para paliar los efectos del cambio climático, medidas que nosotros resumimos en la implantación de un impuesto sobre cada tonelada de dióxido de carbono emitida desde ahora hasta el años 2050, aceptando de esta forma uno de los instrumentos recomendados en el Informe Stern y teniendo muy presente las últimas estimaciones de expertos como Nordhaus, que si bien en el pasado habían cifrado en porcentajes más modestos el coste del esfuerzo por mejorar el medio ambiente y contener el aumento de las temperaturas, ahora han reconocido que las cantidades probablemente serán mayores que las inicialmente previstas. Esta y otras estimaciones, incluida la del Grupo de Trabajo III del IV IPCC –que, por cierto, no ha ofrecido hasta ahora explicación alguna de los métodos de cálculo manejados para la obtención de sus resultados– pueden consultarse en un artículo recientemente publicado por uno de los autores de este trabajo⁹².

Ese impuesto sobre las emisiones de dióxido de carbono podría considerarse en cierto modo equivalente a un *shock* de oferta semejante a los que en el pasado experimentó nuestro sistema económico. Las subidas bruscas que constituyen la esencia de ese tipo de perturbaciones encarecen los costes empresariales, elevan los precios, reducen el consumo y, finalmente, se traducen en aumentos del paro. Lo sucedido a la economía española entre 1973-1979 y entre 1980 y 1985 son buena muestra de ello. En efecto, en el primero de los

⁹¹ Servicio de Estudios del Banco de España, *El Análisis de la Economía Española*, Alianza Editorial, Madrid, 2005; Eva Ortega, Pablo Burriel, J.L. Fernández, Eva Feraz y Samuel Hurtado, “ Actualización del Modelo Trimestral del Banco de España”, Documento de Trabajo n. 0717.

⁹² Ortega R. 2007 op.cit.

períodos citados y como resultado de la subida del precio del barril de crudo decretada por la OPEC como reacción a la guerra del Yom Kipur, tanto al producto como el consumo del sector privado se redujeron aproximadamente a la mitad respecto a los niveles alcanzados entre los años 1964-1972, mientras que los precios casi se triplicaron y subió el paro. Pocos años después y como consecuencia del segundo *shock* petrolífero volvieron a registrarse descensos en producto y consumo, aumentado el paro y la inflación. En este caso el *shock* lo hemos tratado como un factor adicional a los que actualmente constituyen el coste de uso real de la inversión aplicándolo al horizonte de reducción de las emisiones hasta el año 2020 que hemos supuesto para cumplir con los compromisos de Kioto. Manejaremos, pues, un bloque muy reducido de cuatro ecuaciones, tres de ellas de oferta a largo plazo y una cuarta, igualmente a largo, de demanda. La primera es una función de producción del tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala en capital, el empleo y como un nuevo factor la calidad medio ambiental, a los cuales se añade la productividad total de los factores que, siguiendo el modelo del Banco de España, suponemos creciente a una tasa exógena. Deducido así el valor añadido del sector privado real derivamos del mismo el empleo y como representación de los precios elegimos la formulación que refleja el comportamiento esperado del deflactor de aquel sin impuestos. Por último, y pasando al bloque de demanda de los hogares, hemos introducido la ecuación que intenta explicar la evolución del consumo privado real por medio del comportamiento del valor añadido por él creado, la evolución de su riqueza y el coste de uso real, definido por medio de un interés a diez años depurado por el deflactor del consumo privado. La estimación de esta variable tenía para nosotros una relevancia especial en tanto y en cuanto habrán de ser principalmente los hogares quienes vean reflejado en su consumo las consecuencias de la moderación del crecimiento debida a la política orientada a la defensa del medio ambiente; indiquemos, por último, que el año 2006 se considera el año base a efectos de los precios –véase el Anexo I para la relación de las ecuaciones utilizadas y el II para la explicación de las hipótesis aplicadas a la proyección de las variables para el período 2007-2008.

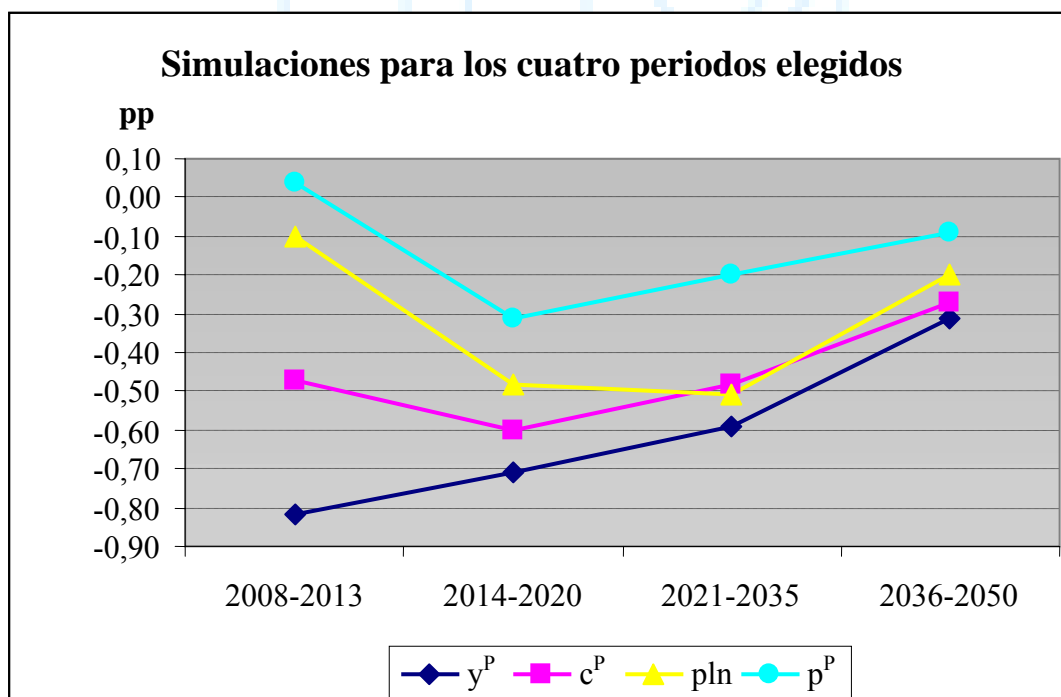
Los pasos que hemos dado han sido, ante todo, comprobar que las ecuaciones del modelo trimestral, utilizado por el Banco de España para sus labores de previsión macroeconómica seguían ofreciendo un buen ajuste cuando se pasaba a cifras anuales y a un horizonte a largo plazo. Comprobado esto se ha dividido el período 2008-2050 en cuatro subperíodos: 2008/2013, 2014/2020, 2021/ 2035 y, finalmente, 2036/2050, con objeto de observar en esas cuatro sendas como se comportaban las variables que considerábamos claves si cambiábamos alguna de las variables exógenas– en nuestro caso el impuesto sobre las emisiones – que encarece el coste de uso del capital y los niveles emitidos de estas.

La lógica del modelo y de las condiciones sobre él impuestas debían indicar que el mayor coste del capital –debido al impuesto de emisiones- obliga a las empresas a iniciar una reducción de su inversión productiva, reforzada por los ajustes productivos precisos para cumplir con unos techos de emisión que se van reduciendo desde el año 2008 al 2020. El resultado es que ello pone en marcha un proceso de ajuste que afecta al consumo privado y a la demanda de empleo, con consecuencias retardadas en los precios. Concretamente, el valor añadido privado se reduce en punto y medio, el consumo en poco más de un punto y el nivel de ocupación en medio punto. El nivel de precios, por el contrario, muestra una mayor resistencia y únicamente cae en poco más de un cuarto de punto en el conjunto de esos años. Todo ello da lugar, posteriormente, a un segundo ajuste que afecta de nuevo al consumo, ligado al mayor desempleo en el sector y al nivel de precios, que sigue reduciéndose. Da la

impresión, con todo, que la reacción de las empresas es relativamente lenta acaso porque la productividad total de los factores sigue siendo baja debido a que el modelo de crecimiento no se ha alterado radicalmente al seguir contándose con una mano de obra abundante y barata, si bien poco cualificada. Con todo, el capital productivo acaba adaptándose en los dos últimos tramos del horizonte temporal contemplado y esa política comienza a dar resultados: el descenso de la producción comienza a aminorarse, al igual que el consumo aun cuando el ajuste del empleo alcanza entre los años 2021 y 2035 la máxima intensidad, no así el descenso de los precios, que al igual que la producción y el consumo remite en su ritmo de caída. Al llegar el año 2050 el impacto no ha sido despreciable en una economía que, trabada por numerosas rigideces, ha tardado en reaccionar y se ha adaptado al nuevo marco productivo lentamente. Y es que como muestra el cuadro, al final el producto del sector privado se ha reducido casi dos puntos y medio respecto al proyectado en nuestros cálculos si no se adoptase medida alguna; con un consumo de los hogares que ha caído 1, 8 puntos mientras que los desocupados han aumentado en más de un punto y los precios han bajado, aproximadamente, seis décimas de punto. Véanse el cuadro y el gráfico a continuación:

Simulaciones para los cuatro periodos elegidos

	y^P	c^P	pln	p^P
2008-2013	-0,82	-0,47	-0,10	0,04
2014-2020	-0,71	-0,60	-0,48	-0,31
2021-2035	-0,59	-0,48	-0,51	-0,20
2036-2050	-0,31	-0,27	-0,20	-0,09



IX.- Conclusiones.

El aire es un bien público cuya propiedad y uso corresponde a toda la humanidad pero que esta comenzó hace tiempo a mal usar, originando una contaminación atmosférica que en las últimas décadas ha provocado un calentamiento general del planeta hasta ahora desconocido. Ese calentamiento es resultado de una contaminación creada por una serie de actividades humanas que causan lo que en la teoría económica se denomina externalidades; es decir, acciones llevadas a cabo por ciertos agentes económicos que imponen costes a otros sin que tales efectos queden reflejados plenamente en los precios y en las transacciones de mercado.

En la actualidad está científicamente demostrado que las actividades humanas –la llamada contribución antropogénica es casi 14 veces superior a la natural- son mayoritariamente causantes de que la concentración en la atmósfera de dióxido de carbono –CO₂- haya aumentado desde 280 ppm (partes por millón) en 1750 a 366,8 en el año 2000 y cerca de 430 ppm en la actualidad. Ello ha motivado un calentamiento global de la superficie terrestre y una serie de fenómenos naturales –como la elevación del nivel del mar que se estima ha aumentado anualmente entre 1993 y 2003 en unos 3 mm– que podrían provocar consecuencias catastróficas en numerosas regiones del planeta caso de no adoptarse medidas urgentes– y aun así no podemos estar seguros de su eficacia dado que los efectos de los gases ya emitidos a la atmósfera están sometidos a una considerable inercia por lo que se dejarán sentir al menos durante un siglo–.

La preocupación por el cambio climático y sus efectos futuros no es nueva. En junio de 1972 las Naciones Unidas celebraron en Estocolmo una Conferencia sobre el Medio Ambiente que concluyó con una declaración en la cual se otorgaba un mandato para debatir el problema del cambio climático y proponer soluciones al mismo. Años después, en 1988, dos organizaciones íntimamente ligadas al estudio de los fenómenos climáticos establecieron un Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, compuesto por científicos de todo el mundo, con la misión de evaluar periódicamente el riesgo de cambio climático originado por la actividad humana. El acuerdo internacional para poner en marcha las medidas destinadas a reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero desembocó en el llamado Protocolo de Kioto –diciembre de 1997–. Se trataba de un compromiso par reducir dichas emisiones de GHG en un 5,2% respecto al total emitido en el año 1990, permitiendo a los países signatarios la utilización de diferentes mecanismos para disminuir sus emisiones, incluida la negociación de sus derechos de emisión. El Protocolo, que entró en vigor en febrero de 2005, no fue, desgraciadamente, ratificado ni por los EE.UU. ni por algunos de países en vías de desarrollo pero grandes emisores de GHG como China, India o Brasil, lo cual redujo considerablemente su eficacia pues en lugar de cubrir el 65% de las emisiones mundiales en 1990 esa cobertura quedó reducida al 32% de las emitidas en el 2002 una vez que los cuatro citados países, más Australia, se excluyesen del mismo.

El resultado es que los expertos del IV Panel del IPCC han pronosticado en su último informe –emitido en febrero de 2007– que las temperaturas medias de la tierra podrían aumentar durante el presente siglo entre 1,1 y 6,4° C al tiempo que el nivel del mar subirá probablemente entre 18 y 59 cm., amén de otros fenómenos naturales de consecuencias catastróficas –sequías, diluvios, ciclones tropicales, mareas altas–. Tales conclusiones avalan la urgente necesidad de analizar científicamente los impactos económicos y sociales

derivados de los cambios climáticos así como discutir las posibles medidas a adoptar para mitigar esos efectos. La cuestión no es ciertamente fácil por diversas razones entre las cuales destacan dos: la primera se refiere a la patente desigualdad existente entre las regiones y países emisores de GHG, lo cual lleva aparejado un reparto nada equitativo de los beneficios económicos anejos a las actividades que los provocan –a título de ejemplo, en el año 2000 un ciudadano de EE.UU. emitía a la atmósfera 19,7 toneladas de GHG frente a las 0,9 como media de los países africanos –; la segunda causa de profundas divergencias radica en que siendo el medio ambiente un bien público –y su control una función legítima de los Estados– se imponer atribuir un precio a las mismas que refleje esa externalidad y equilibre las emisiones derivadas de las actividades humanas con la capacidad de absorción de aquéllas por parte de la naturaleza. Dos enfoques teóricos se han propuesto para solucionar ese problema de las externalidades medio ambientales: el establecimiento de un impuesto sobre la emisión de GHG –escasamente utilizado hasta ahora– o la implantación de límites cuantitativos a dichas emisiones, complementados con el funcionamiento de permisos de emisión negociables –siendo el Protocolo de Kioto y el *European Union Emissions Trading Scheme*– los más recientes y conocidos ejemplos.

Pues bien, como el cambio climático es una evidencia científicamente indiscutible la consecuencia inmediata es la necesidad de adoptar medidas urgentes para reducir las emisiones de GHG y así aminorar los riesgos que amenazan nuestras economías y acaso la propia pervivencia de las sociedades en que se sustentan. Semejante propósito requiere una respuesta global que logre aminorar la actual dependencia respecto a los combustibles fósiles. Además, cuanto más tiempo se retrase la puesta en práctica de esas decisiones mayor será el coste en términos de renuncia al bienestar presente en aras a asegurar su pervivencia en el futuro.

Un amplio grupo de economistas ha estado trabajando desde comienzos de la década de los noventa del pasado siglo en esquemas teóricos que manejan aportaciones de otros campos científicos para ofrecer respuestas al dilema básico planteado por el cambio climático, que no es otro que cuánto invertir ahora en mecanismos reductores del consumo de combustibles fósiles para mitigar en el futuro los impactos potencialmente catastróficos originados por el cambio climático. Dicho en otras palabras, los modelos construidos para responder a esa pregunta intentan aclarar cuál debería ser el equilibrio intergeneracional entre consumo e inversión presentes y futuros habida cuenta que ello supone atribuir valores numéricos a las funciones de bienestar social, que no son idénticas en todos los países y regiones del mundo ni, como antes se mencionó, entre las generaciones actuales y las venideras.

Los modelos iniciales, acaso por estar formulados antes de conocerse la abrumadora evidencia científica que hoy subraya la gravedad del cambio climático y los riesgos inherentes al mismo, ofrecían resultados más bien tranquilizadores. Pero un estudio reciente, encargado por el Gobierno inglés y conocido como el “Informe Stern”, en honor de su director, ha sembrado la alarma y provocado un aluvión de comentarios, críticas y nuevas estimaciones en modelos más completos. ¿Qué decía el “Informe Stern”? En forma muy resumida, que si no se adoptan medidas *ya* los costes totales derivados del cambio climático equivaldrían a una pérdida no menor del 5% del PIB mundial “ahora y siempre” –frase cuyo significado ha sido muy discutido –; porcentaje que podría alcanzar la terrorífica cifra del 20% si se tuviesen en cuenta un abanico amplio de riesgos catastróficos. Por el contrario, si se adoptasen medidas inmediatamente esos costes se reducirían a un 1% anual del producto.

Esos cálculos han sido criticados sobre todo por un amplio grupo de economistas americanos aduciendo que los valores adjudicados por Stern y sus colaboradores a las variables claves de lo que en la teoría del crecimiento óptimo se conoce como “ecuación de Ramsey” están sesgados de forma que llevan a dramatizar la urgencia de reducir espectacularmente en las próximas dos décadas las emisiones de GHG. Para estos expertos el enfoque correcto debe intentar calcular las trayectorias de reducción de emisiones que equilibren los costes y los beneficios de esos esquemas temporales de reducción de emisiones, lo cual equivale a afirmar que una política eficaz debería buscar reducciones moderadas en el futuro inmediato, seguidas de otras más pronunciadas a medio y largo plazo. La respuesta de Stern a esas críticas y a sus cálculos se basa en dos consideraciones: en discutir, primero, las afirmaciones sobre lo extremado de los valores por él atribuidos a las variables claves de la “ecuación de Ramsey” y, segundo, en una versión actualizada de la famosa apuesta de Pascal, diciendo que si ignoramos el futuro simplemente por ser futuro estaremos cercenando cualquier decisión dirigida a contener el cambio climático.

Pero como recordará el lector nuestro trabajo está enfocado a intentar arrojar alguna luz respecto a los efectos económicos que la lucha contra el cambio climático tendrá en España. En este sentido el primer dato relevante es que en el año 2005 nuestras emisiones de CO₂ habían crecido un 52,2%, superando ampliamente el margen de 15% acordado al ratificar el Protocolo de Kioto. Es claro que la causa de esa desviación ha sido, ante todo, el fuerte crecimiento experimentado por la economía en estos años, pero conviene detenerse en un examen más detallado de esa correlación entre crecimiento del producto y evolución de las emisiones de dióxido de carbono. En opinión de quienes han estudiado el problema, la intensidad energética de la economía española desde 1960 hasta los años iniciales del presente siglo –o sea, la relación entre energía consumida y producción medida a precios constantes– cuenta como factores explicativos más señalados los siguientes: el citado ritmo de crecimiento económico, el aumento de la población, la escasa eficiencia en la transformación de energía, la afluencia de bienes –o efecto riqueza–, el cambio en los patrones de consumo y el incremento del transporte por carretera.

El examen de estas conclusiones indica que España se enfrenta a un grave problema y así es. Todos los pronósticos coinciden en que vamos a asistir a un aumento progresivo de la temperatura media en nuestro país cifrado entre 2°C y 5°C, que disminuirán las precipitaciones entre un 5 y un 20 % y que las anomalías térmicas serán cada vez más frecuentes. Por lo tanto, los costes del cambio climático serán superiores a los que experimenten otros países de la Unión Europea. Ya a mediados de la década de los noventa estudios pioneros señalaban que a corto plazo cada reducción de un 2% de las emisiones de CO₂ supondría un coste de un 0,2% del PIB. Más recientemente, un estudio de M. González Ruiz de Eguino detallaba los costes de una doble posibilidad; a saber, que se opte por una política de ignorar el cambio climático y seguir una política de crecimiento a toda costa o que se intente cumplir con los objetivos de Kioto, aminorando las emisiones hasta el año 2015 y dejando que a partir de esa fecha se reduzcan únicamente las emisiones derivadas del crecimiento económico. En el primer período, la reducción de las emisiones se cifra en un 20% mientras que a lo largo del segundo la reducción sería, aproximadamente, de entre un 4 y un 5% por lustro- en total un 51% para el 2050-. En el supuesto que las autoridades españolas se decidieran por cumplir los compromisos de Kioto nuestro producto experimentaría a largo plazo una reducción de 1,27 %, el consumo privado disminuiría en un

0,77% y la inversión en un 2,55%. Las cifras dan una idea aproximada de las consecuencias que sufriría nuestra economía en caso de decidirse a mitigar las consecuencias del cambio climático. Ha de añadirse que los efectos, siguiendo la metodología de M. González, probablemente serían mayores pues el estudio citado se realizó, debido a la fecha de su elaboración, con cifras que han quedado desfasadas por los acontecimientos: por ejemplo, el PIB previsto para el año 2010 es inferior al alcanzado en 2006 mientras que se supone una tasa media de crecimiento del mismo entre ese año y el 2050 del 4,2%, claramente inalcanzable, o se manejan para el año 2010 unas emisiones de CO₂ inferiores a las reconocidas oficialmente por el Ministerio de Medio Ambiente para el 2005.

Todo ello justifica nuestro intento de estimar los efectos que la contención del cambio climático tendría para algunas variables claves de nuestra economía. Como instrumento para cuantificar esos esfuerzos públicos de reconducir las emisiones de CO₂ a niveles cercanos a los marcados por Kioto hemos supuesto que los sucesivos gobiernos introducen un impuesto sobre las emisiones equivalente al precio aproximado al que se han estado negociando en el mercado los permisos de emisión –concretamente 15 € por tonelada–, que se van actualizando año tras año con el deflactor de la inversión productiva. Ese impuesto constituye un coste más que grava el uso del capital del sector privado y que entra en su función de producción. A partir de ahí desarrollamos un modelo muy sencillo – que sigue las líneas generales del empleado por el Banco de España para tareas de previsión a corto plazo- en el cual planteamos tres ecuaciones de oferta y una de demanda. Las tres primeras pretenden estimar la evolución del valor añadido del sector privado, la segunda la demanda de empleo del mismo y la tercera sus precios de equilibrio a largo plazo – aproximados por el deflactor del valor añadido del sector privado neto de impuestos indirectos. Del bloque de demanda nos ha interesado el comportamiento del consumo del sector privado.

Como se advertirá, nos hemos limitado a un ejercicio sencillo que intenta tan solo dibujar , con algunos trazos gruesos, las consecuencias que para ciertas variables económicas claves – el producto, el empleo, los precios y el consumo del sector privado – tendría una posible traducción práctica de decisiones políticas encaminadas a reducir el impacto en nuestro país del cambio climático. El intento es deliberadamente modesto y susceptible, por tanto, de criticarse justamente desde varias ópticas, una de las cuales es, sin duda, que España forma parte de un entramado internacional más amplio y, por ende, que acaso nos veamos forzados a adoptar medidas diferentes de las que en este reducido modelo ha sido escogida como instrumento con el cual plantar cara al cambio climático. Pero esta crítica no invalida el propósito aquí perseguido, que no es otro que subrayar ciertas consecuencias económicas del empeño por enderezar un camino que podría llevarnos al borde del precipicio climático.

No es fácil comparar los resultados obtenidos con los trabajos citados, ni siquiera con el de González Ruiz de Eguino, que sigue una metodología más general y estudia períodos diferentes para el cumplimiento de los compromisos de Kioto, llegando a estimaciones más onerosas que las obtenidas por nosotros. Es de reseñar, no obstante que las reducciones medias del PIB – en este caso de valor añadido bruto del sector privado- por nosotros calculadas para el intervalo 2008-2020 se aproximan en cierta medida a la obtenida por el Grupo de Trabajo III del IV IPCC para los años comprendidos entre 2006-2030 en el supuesto de haberse estabilizado las emisiones de CO₂ equivalente entre 535-590 partes por millón; es decir, una décima de punto de media anual cuando nuestros cálculos arrojan una disminución anual media algo mayor – 0,12- para los años comprendidos en el citado período

y de algo menos de media décima de punto anual entre 2021 y 2035. En todo caso, la reducción promedio para los años que discurren del 2008 al 2035 se aproxima en nuestro caso a las 0,08 décimas de punto anuales- una diferencia escasísima respecto a los cálculos de los expertos de las Naciones Unidas. Existe, sin embargo, una diferencia notable; los cálculos del IPCC no contemplan la existencia de impuesto alguno sobre las emisiones de GHG, los nuestros sí.

Para terminar; los resultados obtenidos nos dicen algo de sobra conocido- aun cuando no todos lo admitan- ; a saber, que una política medio-ambiental que se proponga contribuir seriamente a la reducción del cambio climático tendrá costes para la economía española y más concretamente para el sector privado – reducción del valor añadido y variaciones en los precios- y sus agentes económicos- disminución del consumo y aumento del paro-. Ahora bien, los costes no parecen ser tan cuantiosos como para rechazar las ventajas de todo género que la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero conlleva. Se trata de una decisión que la sociedad española deberá tomar mal que le pese pues el riesgo de postergarla demasiado o de ignorarla podría resultar catastrófico como lo demuestran los resultados de un intento de cuantificación muy elemental que hemos realizado con el propósito de estimar los posibles daños que en el año 2040 originarían tanto la subida del nivel del mar en parte de nuestro litoral como las pérdidas ocasionadas en los sectores agrícola, pesquero y turístico, amén de los mayores gastos en que incurriría nuestro sistema sanitario para hacer frentes a los mayores riesgos que en la salud de la población originaría el calentamiento experimentado en esas fechas según estudios especializados. El resultado no requiere mayores comentarios: en esas fechas la suma de los daños antes indicados se situaría entre el 15 y el 19% del PIB de dicho año.

Anexo I: ECUACIONES DEL MODELO

$$\begin{aligned}
 \mathbf{y}^P &= \alpha_1 + \alpha_2 \text{pkr} + \alpha_3 \text{ptf} + \alpha_4 (\text{uc}^P - w^P) + \alpha_5 \text{txco}_2 \\
 \mathbf{pln} &= \alpha_6 + \alpha_7 \text{ptf} + \alpha_8 \mathbf{y}^P + \alpha_9 \text{pkr} \\
 \mathbf{p}^P &= \alpha_{10} + \alpha_{11} \text{PTF} + \alpha_{12} (\mathbf{y}^P - \text{pkr}) + \alpha_{13} w^P + \alpha_{14} \text{cp}_{\text{be}}^{\text{xe}} \\
 \mathbf{c}^P &= \alpha_{15} + \alpha_{16} \text{hydr} + \alpha_{17} (\text{FW}_{-1} - \text{NFW}_{-1}) + \alpha_{18} \text{uc}^h
 \end{aligned}$$

siendo: \mathbf{y}^P : valor añadido del sector privado real.
 pkr: stock de capital productivo privado real.
 ptf: productividad total de los factores.
 uc^P : coste de uso real de la inversión, igual a:

$$\frac{\mathbf{p}^{\text{ip}}}{\mathbf{p}^{\text{c}}} \left(\frac{\mathbf{R}^{\text{cp}} + \mathbf{R}^{\text{e}}}{4} \right) - \delta^{\text{ip}} - \Delta \mathbf{p}^{\text{ip}}$$

en el cual: \mathbf{R}^{cp} : interbancario a tres meses.

\mathbf{R}^{e} : tipo de interés a empresas.

δ^{ip} : 0,2125, tasa de depreciación del stock de capital productivo privado.

\mathbf{p}^{c} : deflactor del consumo privado.

\mathbf{p}^{ip} : deflactor de la inversión productiva.

w^P : remuneración por asalariado en el sector privado.

txco_2 : impuesto sobre la emisión de una tonelada de CO_2 – o el precio de un contrato de emisión en el mercado.

\mathbf{pln} : ocupados sector privado.

\mathbf{p}^P : deflactor valor añadido sector privado sin impuestos.

$\text{cp}_{\text{be}}^{\text{xe}}$: precios competitivos de las exportaciones del área del € en el área del €.

FW_{-1} : riqueza financiera neta real del sector privado.

NFW_{-1} : riqueza no financiera real del.

uc^h : coste de uso real de los hogares

Anexo II: HIPÓTESIS DE PROYECCIÓN DE VARIABLES

- y^P** : Δ 2,7% medio anual en el período 2007-2050.
- pk_r** : Δ 3% medio anual en el período 2007-2050.
- ptf**: Partiendo del valor anormalmente bajo de 0,04% en 2006, se produce una subida lineal en el período 2007-2020, hasta llegar al 0,40% en 2020, valor que se mantiene constante en el período 2021-2050.
- uc^P** : Δ 3% medio anual en el período 2007-2050.
- w^P** : Δ 2,5% medio anual en el período 2007-2050.
- txco₂**: Partiendo de la última cifra conocida de 440 millones de toneladas de CO₂ anuales, y del precio medio actual de los derechos de emisión en el mercado, en torno a los 15 € por tonelada, asumimos dos efectos inversos, uno de ellos, la reducción de las emisiones en el período 2007-2020, que bajarían desde el nivel actual hasta los 333 millones, cifra que suponía el compromiso de Kioto, y el segundo efecto, un Δ 2,7% medio anual en el precio de los derechos, para el período 2007-2050.
- pln** : Tomando como base las proyecciones de población realizadas en el propio trabajo, con puntos de apoyo 2035 y 2050, manteniendo la tasa actual de ocupación del 37,431% para todo el período 2007-2050, se han realizado los incrementos anuales calculando las medias geométricas de incremento para el período 2007-2035 y para el período 2036-2050, y después se han aplicado año a año en los años intermedios.
- p^P** : Δ 3% medio anual en el período 2007-2050.
- cp^{xebe}** : Δ 1% lineal cada año, correspondiente al diferencial de inflación entre España y la Unión Europea, asumiendo que se mantiene este diferencial en el período 2007-2050.
- c^P** : Δ 2,7% medio anual en el período 2007-2050.
- FW₋₁**: Δ 8,08% medio anual en el período 2007-2050. Este incremento se corresponde con la media geométrica anual del incremento histórico que se produjo en el período 1980-2006.
- NFW₋₁** : Δ 3,7% medio anual en el período 2007-2050. Este incremento se corresponde con la media geométrica anual del incremento histórico que se produjo en el período 1980-2006.
- uc^h**: Mantenimiento del coste medio de las hipotecas en torno al 5% anual.
- hdyr**: Asunción de un incremento de la renta creciente, partiendo de incrementos bajos al principio. Se considera un Δ 1% en el período 2007-2010, del 2% en el período 2011-2015, del 2,5% en el período 2016-2025, del 2,75% en el período 2026-2035, y del 3% en el período 2036-2050.

Posdata

Durante los días 3 a 14 de diciembre de 2007 se celebró en Bali, Indonesia, la 13 Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP13). El objetivo principal de la misma era conseguir una respuesta amplia y generalmente aceptada al fenómeno del cambio climático, respuesta que permitiese lograr en dos años – o sea, en 2009- un calendario que concretara los cimientos para un acuerdo sobre el régimen climático a partir de 2012. El punto clave era el convencimiento entre los países desarrollados de que, por sí solos, no podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a los niveles indicados por el IPCC para reducir los impactos del cambio climático a unos niveles susceptibles de control.

El propósito no se presentaba fácil por las diferencias existentes entre los tres principales grupos de países: los desarrollados encabezados por la Unión Europea- que constituyen el núcleo central del Protocolo de Kioto y que pretendían establecer objetivos cuantificados que limitasen las emisiones de gases de efecto invernadero; EE.UU. que se oponía frontalmente a la fijación de dichos límites aduciendo que de nada servirían si los grandes países en vías de desarrollo – como China, India, Brasil o Indonesia- no los aceptaban; y, por último, los países en vías de desarrollo, encabezados por las naciones antes citadas, que culpaban a las grandes economías desarrolladas de ser origen del actual nivel de emisiones y no sólo no admitían en principio limitar estas aduciendo que ello supondría un obstáculo capital para su desarrollo económico y el bienestar de sus ciudadanos, sino que, además, exigían ayudas de todo tipo para limitar sus emisiones.

Después de arduas negociaciones y concesiones mutuas – la Unión Europea, por ejemplo, renunció a incluir en el acuerdo final un rango numérico de reducción de emisiones; EE. UU. aceptó finalmente la referencia a la necesidad de poner límites cuantificados a las emisiones y objetivos de reducción de estas y los países en desarrollo, que siguen exentos de compromisos como el de Kioto, se comprometieron a limitar voluntariamente y bajo la supervisión de las Naciones Unidas sus emisiones a cambio de ayudas financieras y de tecnología.

En definitiva, la que ha dado ya en llamarse “Ruta de Bali” ha sentado las bases para que en el año 2009 se alcance un acuerdo que sustituya al de Kioto. Pero no hay que engañarse; queda un largo camino que recorrer siquiera sea porque habrá que asignar cuánto podrá contaminar cada país.

Bibliografía

Alonso, L.H. y Maganto, G., El cambio climático. Estrategias comunitarias y nacionales de limitación de emisiones en la industria y en el consumo y generación de energía. Revista El Campo de las Ciencias y las Artes, Servicio de Estudios BBVA, N° 137, 2000.

Antón, V., Fundamentos económicos para la internalización del coste ambiental. Revista El Campo de las Ciencias y las Artes, Servicio de Estudios BBVA, N° 137, 2000.

Ascasibar, I., El cambio climático: su tratamiento internacional. Revista El Campo de las Ciencias y las Artes, Servicio de Estudios BBVA, N° 137, 2000.

Barber, W. J., Historia del pensamiento económico, Alianza Universidad, Madrid, 1995.

Baumol, W. J. & Oates, R., The Theory of environmental policy. Cambridge University Press. New York, 1972.

Cabañes, M. L., Lorca, A. V., Massiá, J. V., Microeconomía básica: la lógica del mercado, Minerva ediciones, Madrid, 2003.

Capor, K. & Ambrosi, P., State and Trends of the Carbon Market 2006, IETA / The World Bank, Washington DC, 2006 (www.carbonfinance.com, 12 12 06).

Cereijo, E. y Velázquez, F.J., Cambios en la Estructura de la Población en la Unión Europea. Fundación de las Cajas de Ahorros, Estudios de la Fundación, Madrid, 2005.

Coase, R., “The Problem of Social Cost”, Journal of Law and Economics, Número 3, 1960, pp. 1–44.

Costa Ran, L y Font Vilalta, M., Commodities. Mercados Financieros sobre Materias Primas, Esic Editorial, Madrid, 1993.

Delft, Giving Wings to Emission Trading, Report for the European Commission – DG Environment, Julio 2005.

Field, B. & Field, M., Economía ambiental, Mc Graw Hill, Madrid, 2003.

González, M., Impacto Económico del Control del Cambio Climático en España, Estudios de la Fundación de las Cajas de Ahorros, Serie Tesis, Madrid, 2007.

Green Paper on Greenhouse Gas Emissions Trading with the European Union, European Commission, Bruselas, 2000.

Hanley, N., Shogren, J. F. & White, B., Environmental Economics: In Theory and Practice, MacMillan, Londres, 1997.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, [www.ipcc.ch/pub/av\(e\).pdf](http://www.ipcc.ch/pub/av(e).pdf).

James, T. & Fusaro, P. C., *Energy & Emissions Markets – Collision or Convergence?* Wiley Finance / Deloitte, Singapur, 2006.

Kolstad, Ch., *Economía ambiental*, Oxford U.P., México, 2001.

Koutstaal, P., *Economic Policy and Climate Change – Tradable Permits for Reducing Carbon Emissions*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 1991.

Malthus, T. R., *Principios de economía política*, Fondo de Cultura Económica, México, 1946.

Marín, J. M. & Rubio, G., *Economía financiera*, Antoni Bosch (ed.), Barcelona, 2001.

Martín Vide, J., Llebot, J.E., Padilla, E. y Alcántara, V., *Aspectos Económicos del Cambio Climático en España*, Estudios Caixa Catalunya, nº 4, Barcelona, 2007.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Secretaría General de la Energía, *La Energía en España*, 2005, Madrid, 2006.

Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático, *Inventario de Gases de Efecto Invernadero, Edición 2007 (Serie 1900-2005) Sumario de Resultados*, Madrid, 9 de marzo de 2007.

NERA, *Alternative Allocation Mechanisms for an EU Emissions Trading Scheme*, European Commission, Octubre 2001.

NERA, *Review of the first and second Years of th UK Emissions Trading Scheme*, UK Department for Environment, Food and Rural Affairs, Agosto 2004.

Nicholson, W., *Teoría Macroeconómica, Principios básicos y aplicaciones*, Thomson, Madrid, 2006, (8ª edición).

Nordhaus, W.D.; Boyer, J., *Warming the World. Economic Models of Global Warming*. The MIT Press, Cambridge, Massachussets, 2000.

Nordhaus. W.D.; “A Review of the Stern Review on the Economics of climate change”, *Journal of Economic Literature*, Sept. 2007, vol. XLV, n3.

Ortega, E., Burriel, P., Fernández, J.L y Hurtado, S., “Actualización del Modelo Trimestral del Banco de España”, *Documento de Trabajo* nº 0717, 2007.

Ortega, R., *El Octavo Jinete*. Revista de Libros de la Fundación Caja Madrid, nº 125, mayo 2007, pags. 10 a 13.

Ortega, R., *Ortega, R., Análisis Económico y Cambio Climático*. Cuadernos de Información Económica, 198, mayo/ junio 2007. Fundación de las Cajas de Ahorros.

Pedrosa, M., Los mercados financieros internacionales y su globalización, Thompson, Madrid, 2003.

Pigou, A.C., La economía del bienestar, Aguilar, Madrid, 1946.

Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Naciones Unidas, 1998.

Samuelson, P.A. & Nordhaus, W.D., Economía, McGraw Hill, Madrid, 2002 (17ª ed.).

Seoánez Calvo, M., El gran diccionario del medio ambiente y de la contaminación, Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 1999.

Servicio de Estudios del Banco de España. *El Análisis de la Economía Española*. Alianza Editorial, Madrid, 2005.

Siebert, H., Economics of the Environment – Theory and Policy, Springer, Berlín, 1995 (4ª ed. revisada y aumentada).

Smith, A., La riqueza de las naciones, Alianza, Madrid, 2002.

Stern, N., *The Economics of Climate Change. The Stern Review*, Cambridge University Press 2007.

Sulfur Financial Instrument Futures Contracts: Risk Management and Trading Tools for the SO2 Emission Allowance Market, Chicago Climate Futures Exchange (ed.), Chicago, 2004. (En www.chicagoclimatex.com (10 10 06))

The Sulfur Dioxide: Emission Allowance Trading Program: Market Architecture, Market Dynamics and Pricing, Chicago Climate Futures Exchange (ed.), Chicago, 2004. (En www.chicagoclimatex.com (12 11 06))

Thurow, L.C., *La sociedad de suma cero*, Ediciones Orbis, Barcelona, 1985. Primera edición en inglés de Basic Book, Inc., 1980.

United Nations, "Our Common Future", Report of the World Commission on Environment and Development, 1987.

Valdemoro Erro, Mª J. "Externalidades medioambientales y mecanismos de mercado: el comercio de permisos de emisión", Mitos y realidades del cambio climático, Revista del Instituto de Estudios Económicos, Números 3 y 4, Madrid, 2006.

Varian, H., Microeconomía intermedia, un enfoque actual, Antoni Bosch (ed.), Barcelona, 1998.

Weitzman, M.L., *Prices versus Quantities*, The Review of Economic Studies XLI, 1974.

Weitzman, M.L., “A Review of the Stern Review on the Economics of climate change”,
Journal of Economic Literature, Sept. 2007, vol. XLV, n3.

