



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

# Las tesis de Belgrano

**Facultad de Estudios para Graduados  
Maestría en Política Económica Internacional**

**De Política Económica a Economía Política:  
Un Enfoque Integrado a la Mitigación del  
Cambio Climático**

**N° 60**

**Adrien Assous**

**Departamento de Investigaciones**

Realización 2007

Publicación agosto 2011

Universidad de Belgrano  
Zabala 1837 (C1426DQ6)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina  
Tel.: 011-4788-5400 int. 2533  
e-mail: [invest@ub.edu.ar](mailto:invest@ub.edu.ar)  
url: <http://www.ub.edu.ar/investigaciones>

Introducción.....	3
Prefacio .....	3
Objetivo del Estudio.....	3
Relevancia del Estudio.....	4
1. Mitigación del cambio climático: un problema de política económica .....	5
1.1. El Ascenso de la Ciencia Climática en la Agenda .....	5
1.1.1. Calentamiento Global y Cambio Climático .....	6
1.1.2. Temperatura, Emisión y Concentración de GEI.....	6
1.1.3. Escenarios de la Línea de Base.....	8
1.1.4. Objetivos de Kyoto.....	10
1.2. Soluciones técnicas para la reducción de los GEI.....	10
2. Política Climática y Eficiencia Económica.....	13
2.1. Impactos Económicos de la Mitigación de GEI .....	13
2.1.1. Costos del Recurso .....	13
2.1.2. Efecto Precio 1: Corrimiento Parcial del Equilibrio .....	15
2.1.3. Efecto Precio 2: Sustitución .....	17
2.1.3. Beneficios.....	20
2.2. Instrumentos Políticos Internos.....	20
2.2.1. Niveles Optimos de Emisión .....	21
2.2.2. Normas Regulatorias vs. Impuesto Sobre los Hidrocarburos (Carbon Tax) .....	21
2.2.3. Permisos de Emisión Comercializables .....	22
2.2.4. Oportunidades de Reciclado de Ingresos .....	24
2.2.5. Subsidios.....	25
2.3. Política Internacional: El Protocolo de Kyoto.....	26
2.3.1. Comercio Internacional de Emisiones .....	26
2.3.2. MDL e IC .....	28
2.4. Conclusión.....	28
3. De la Política Económica a la Economía Política.....	29
3.1. El Juego Multilateral.....	30
3.1.1. La tragedia de los bienes de propiedad común .....	30
3.1.2. Falta de Cooperación .....	31
3.1.3. Cooperación Completa .....	32
3.1.4. Cooperación Parcial .....	33
3.1.5. La Coalición de Kyoto: Estabilidad y Extensión .....	34
3.1.6. Resultados de Kyoto .....	38
3.1.7. Conclusiones del Juego Multilateral .....	40
3.2. El Juego Local .....	41
3.2.1. Política del Cambio Climático .....	41
3.2.2. Empresas .....	42
3.2.3. Los Ciudadanos .....	43
3.2.4. ONGs .....	44
3.2.5. La Prensa.....	44
3.2.6. Gobiernos.....	45
3.2.7. Conclusiones del Juego Local .....	45
3.3. El Juego Global .....	46
3.3.1. Mercados y Regulaciones .....	46
3.3.2. Lobby .....	49
3.3.3. Conclusiones del Juego Global .....	51
Conclusión.....	52
Referencias .....	53
Apéndice A: Estrategias de Emisión .....	57
Apéndice B: Comercio internacional de combustibles fósiles.....	58
Apéndice C: El efecto sustitución (forma analítica).....	59

## Introducción

### **Prefacio**

La implementación del Protocolo de Kyoto, desde el 16 de Febrero del 2005, ha modificado las negociaciones con respecto al cambio climático del actual Protocolo a su respectiva extensión luego del año 2012. El resultado de la décima Conferencia de los Partidos (COP) celebrada en Buenos Aires en Diciembre del 2004, fue muy pobre debido a las posturas adoptadas por actores claves: los Estados Unidos negándose a la posibilidad de limitar sus emisiones de carbono y el G77 negándose a asumir cualquier tipo de compromiso.

Los 38 países participantes del “Anexo I” del Protocolo afrontan ahora un doble desafío: en primer lugar, al haberse comprometido a asumir el costo de la mitigación del cambio climático a la vez que son responsables por una porción decreciente de la emisión de gases (GHG), han optado por una política que potencialmente puede afectar su economía y que a la vez no es suficiente para alcanzar sus objetivos ambientales si otros países no reducen sus emisiones. En segundo lugar, firmar (y ratificar) un acuerdo internacional no constituye garantía alguna de que este acuerdo sea respetado, en cuanto los países firmantes deben resolver el problema de la implementación del Protocolo para el periodo de 2008-2012.

Esta posición predominante fue adoptada por una parte minoritaria de países y puede tener varias limitaciones: en primer lugar, es posible que no ayude a reducir las emisiones en varios países ya que ellos pueden asumir los beneficios de los países firmantes sin asumir sus costos (*free-riding*); en segundo lugar, puede generar una migración de las industrias que generan mayor polución desde los países firmantes hacia los otros, causando una merma en la inversión sin siquiera reducir las emisiones (*carbon leakage*). En tercer lugar, puede generar un aumento de los bienes y servicios energético-intensivos producidos por los países firmantes, causando una merma en la competitividad respecto de los bienes importados afectando negativamente sus balanzas de pago –y simétricamente produciendo un aumento de la competitividad de los países no firmantes;

finalmente, la flexibilidad de los mecanismos propuestos por el Protocolo en nombre de la eficiencia (particularmente la “El Sistema de Comercio de Emisiones” ) pueden generar una transferencia de riqueza desde los países donde la reducción es costosa a aquellos donde es menos costosa, los primeros entonces importando permisos de carbono desde estos últimos países.

Más allá de las razones éticas, parecen haber pocos incentivos para formar parte de la coalición de Kyoto ya que esta pareciera tener costos económicos elevados. No obstante, observando más de cerca a los países que conforman la coalición de Kyoto, aquellos que han reducido sus emisiones no han sufrido perjuicio económico alguno hasta el momento. Algunos especialistas incluso afirman que con políticas fiscales apropiadas estos países hasta podrían beneficiarse de las políticas ambientales<sup>1</sup>. Estos países también tendrían ventajas considerables en el nuevo mercado de las energías limpias.

El desafío de la mitigación del cambio climático es doble: es un problema de optimización económica – la minimización de costos políticos- y resolver el problema del *free-riding* entre los países para producir un bien público. Los intereses divergentes pueden tornar el segundo problema en una negociación entre los países, mientras que la interferencia de actores, tanto globales como locales, puede alterar los resultados de las políticas ambientales y en consecuencia pueden alterar la definición del primer desafío. En este caso, puede ser apropiado entender la economía global como un sistema de países interactuando entre sí, y considerar los efectos de las políticas ambientales en su totalidad, incluyendo los efectos colaterales de las interacciones entre los países.

### **Objetivo del Estudio**

El objetivo de esta investigación es aproximar una estimación comprensiva de los costos de las políticas ambientales considerando las respuestas de los distintos países en el proceso de Kyoto, con

<sup>1</sup> Hourcade and Shukla, 2001, p.518

el fin de mejorar las predicciones respecto de las acciones futuras de mitigación del cambio climático. En un comienzo, voy a considerar las posturas económicas 'clásicas' comúnmente usadas para analizar este proceso, a la vez que analizar las limitaciones de los enfoques del tipo costo/beneficio adoptadas por teorías económicas populares. Luego voy a considerar un sistema económico formado por tres niveles de actores – internacionales, nacionales y 'transnacionales' – para proponer una representación de los mecanismos que influyen los resultados de las políticas (o de la ausencia de políticas) en cada uno de los planos.

### **Relevancia del Estudio**

Durante las dos últimas décadas el cambio climático ha escalado gradualmente hacia las prioridades de la agenda internacional, junto con otros temas como el terrorismo o la proliferación nuclear. En estos tiempos, nuevos enfoques fueron incorporados en el análisis. Por ejemplo, mientras que en el 2001 el debate público era mayormente un debate entre 'pesimistas' y 'escépticos' con respecto al cambio climático, ahora los enfoques 'escépticos' han sido descartados y el debate se lleva a cabo en el plano de las implicaciones económicas de la mitigación del cambio climático. El estatus de la nueva ratificación (con la notable desafección de los Estados Unidos) y la implantación del Protocolo de Kyoto deben ser tenidos en cuenta, especialmente si consideramos la literatura acerca de los procesos decisivos.

En consecuencia, ha habido muchos estudios científicos que han abarcado diferentes aspectos del cambio climático antes de la creación del UNFCCC en 1992, y aun más desde entonces. En 1995 y 2001, el Panel Inter-gubernamental de Cambio Climático (IPCC) lanzó su segundo y tercer *Assessment Report (SAR y TAR)*, con una extensa cobertura climatológica y socio-económica. El Tercer Grupo de Trabajo (WG3) de la IPCC, dedicada a la mitigación, revisó las opciones tecnológicas y económicas para reducir las emisiones GHG, como también los instrumentos

políticos y marcos regulatorios del proceso de decisiones (IPCC, 2001b). Una parte importante de este estudio fue dedicado a la metodología sobre los costos de la mitigación y es el resultado de los estudios más relevantes en el campo - Markandya y Halsnaes (2001), y Hourcade y Shukla (2001). Científicos en el Foro de Modelación Energética en 1999 han mostrado distintos aspectos de los impactos políticos en los costos de la mitigación para probar sus modelos económicos. Los efectos de los precios en equilibrio de mercado recibieron especial atención, como también la representación de las respuestas y evolución de las economías. A pesar de llegar a conclusiones novedosas, estos modelos han llevado a una gran diversidad de resultados dependiendo en su estructura, suposiciones y parámetros (Weyant y Hill, 1999), que perjudican su credibilidad a la hora de la toma de decisiones. Además, algunos elementos estructurales hacen que estos modelos económicos sean obsoletos para proveer un análisis de costos y beneficios.

Por otra parte, otros estudios han considerado los resultados de las negociaciones climáticas y del régimen que va a emerger de este proceso. Existe también una corriente que considera la política económica del cambio climático a nivel nacional, mientras que una corriente emergente considera las conductas de las compañías multinacionales, ONGs y otras organizaciones internacionales. En estos estudios, el comportamiento de varios actores es derivado de argumentos económicos pero contradiciendo algunas suposiciones críticas de ciertos modelos económicos, acerca de las imperfecciones del mercado. A pesar de que algunos estudios han asociado la teoría de la coalición con los modelos económicos – como Finus (2003) o Kim (2004) – estos enfoques se limitan a la interacción entre los países desestimando a otros actores. El enfoque utilizado en este estudio intenta integrar los modelos económicos a través de tres niveles interacción políticas – multinacional, nacional, y transnacional – en la estimación de los costos políticos.

# 1. Mitigación del cambio climático: un problema de política

## económica

El cambio climático es un tema que ha ascendido gradualmente en el orden de prioridades de la agenda internacional, pero son relativamente pocas las acciones concretas que se han llevado a cabo hasta ahora para abordar el problema, aún después de 27 años desde su reconocimiento, y mucha actividad diplomática alrededor del tema. Las dificultades inherentes a organizar un régimen internacional para problemas ecológicos no son una explicación satisfactoria para esta inacción. Prueba de que puede lograrse es la formalización, en los años 90, del Protocolo de Montreal para combatir la reducción de la capa de ozono. La falta de tecnología adecuada para resolver el problema también ha sido usada como excusa para la falta de acción, sin embargo tecnologías para la producción de energía libres de carbono ya se utilizan masivamente en algunos países. Ha surgido entonces un debate acerca de lo incierto de la ciencia climática, seguido de argumentos que sostienen el "sentido económico" que tiene el actuar ahora en vez de esperar a que la evolución tecnológica resuelva naturalmente el problema. El objetivo de este capítulo es identificar los puntos que obstaculizan las acciones internacionales para mitigar el cambio climático.

### **1.1. El Ascenso de la Ciencia Climática en la Agenda**

La primera Conferencia Climática Mundial científica se llevó a cabo en 1979, y reconoció al cambio climático como un problema serio. En la misma se emitió una declaración instando a los gobiernos del mundo a "prever y prevenir los potenciales cambios climáticos provocados por el hombre que puedan ser adversos al bienestar de la humanidad". También se aprobaron planes para establecer un Programa Mundial sobre el Clima (PMC) bajo la responsabilidad conjunta de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente

(PNUMA), y el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC).

Durante el final de los años 80 y principios de los 90, se llevaron a cabo varias conferencias intergubernamentales enfocadas hacia el tema del cambio climático. Estas conferencias, conjuntamente con la evidencia científica que iba en aumento, ayudaron a elevar la preocupación internacional sobre el tema. Entre los participantes se encontraban responsables de políticas gubernamentales, científicos y ecologistas. Las reuniones trataron tanto los problemas científicos como políticos relacionados con el tema, y llamaron a la acción internacional.

En 1988, el PNUMA y la OMM crearon el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en Inglés), un grupo de alrededor de 2500 climatólogos de todo el mundo para evaluar el estado del conocimiento sobre el sistema climático y el cambio climático; el impacto económico, social y medioambiental del cambio climático; y las posibles estrategias a adoptar para responder a ello. Este primer informe, que fue aprobado luego de un proceso de revisión por parte de colegas, confirmó la evidencia científica del cambio climático. Esto tuvo un fuerte efecto en los responsables de políticas y en el público en general, y sentó las bases para la negociación de la Convención sobre el Cambio Climático.

En diciembre de 1990, la Asamblea General de la ONU aprobó el inicio de negociaciones convencionales. El Comité Intergubernamental de Negociación para una Convención Marco sobre el Cambio Climático (CIN/CMCC) sesionó en cinco oportunidades entre febrero de 1991 y mayo de 1992. Frente al plazo estricto de finalizar las negociaciones antes de la Cumbre para la Tierra de Río que tendría lugar en junio de 1992, los negociadores provenientes de 150 países

finalizaron la Convención en tan solo 15 meses. La Convención fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) de 1992, fue firmada por 154 Estados, (y la Comunidad Europea) en Rio de Janeiro. Veinte años después de que la Declaración de Estocolmo de 1972 sentara por primera vez los fundamentos de las políticas para el medio ambiente contemporáneas, la Cumbre para la Tierra se convirtió en “la reunión más grande jefes de Estado a la fecha”. El Primer Informe de Evaluación emitido por el IPCC en diciembre de 1990, estableció una clara relación entre el cambio climático y las emisiones seis gases de efecto invernadero, provocadas por el hombre, entre ellos el monóxido de carbono, allanando de esta manera el camino para la definición de una política climática global.

El protocolo de Kyoto, dieciséis años después, celebra tan solo su primer aniversario desde su entrada en vigencia. Firmado por 38 países desarrollados, pero ratificado solamente por 30 de ellos, y luego de haber sido diluido por años de negociaciones políticas, trata apenas una fracción del problema, y muchos creen que no se extenderá en el largo plazo.

### 1.1.1. Calentamiento Global y Cambio Climático

En el transcurso de este siglo se espera que la temperatura promedio global de la superficie aumente entre 1,4 y 5,8 °C. Algunas de las consecuencias más probables del calentamiento global son: el aumento del nivel del mar, el movimiento de zonas climáticas hacia los polos, pérdida de biodiversidad, plagas, invasión de especies, aumento de la frecuencia de eventos extremos (sequías, tormentas, inundaciones) y amenazas a la salud humana (IEA, 2002).

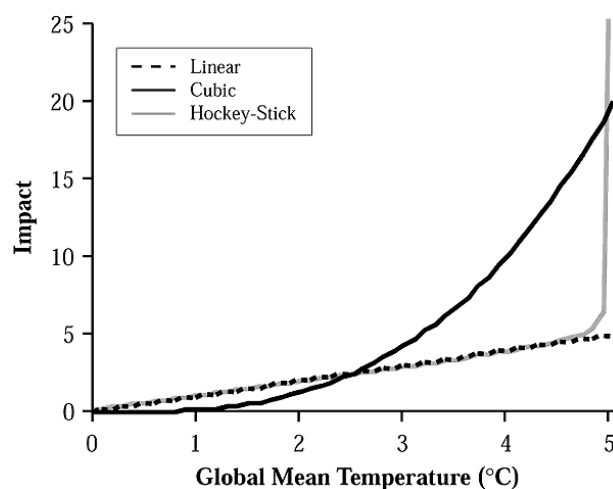


Figura 1.1: impacto del calentamiento global

Aunque se ha establecido que el daño causado por el calentamiento global aumenta a medida que aumenta la temperatura promedio global, los científicos han discutido largamente respecto del tipo de correlación existente entre ambos factores. Los modelos varían entre relaciones lineales, cúbicas, y funciones con forma de palo de hockey. (ver figura 1.1) En el caso de relación lineal, el daño es estrictamente proporcional al aumento de la temperatura promedio global, y permanece acotado; en la función cúbica, el daño aumenta con mayor rapidez que la temperatura; y en la función con forma de palo de hockey, el daño se mantiene acotado para un rango de temperaturas, pero luego aumenta de manera incontrolable. Los diferentes supuestos para cada modelo responden a diferentes hipótesis referidas a posibles respuestas del planeta ante aumentos en la temperatura, estos son los llamados retroalimentados o *feedbacks*.

### 1.1.2. Temperatura, Emisión y Concentración de GEI

Existe consenso respecto de que los gases de efecto invernadero son responsables del calentamiento global. Es por eso que el principal objetivo de la CMNUCC es la “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”. Ese nivel “debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.”

Estabilizar la concentración de GEI en la atmósfera no implica necesariamente terminar con todas sus

emisiones. Los ciclos de vida de estos gases son limitados, y hasta un bajo nivel de emisión de GEI puede ser “limpiado” por el ecosistema, sin que aumente su concentración (ver figura 1.2). Según la IEA (2002), se podría llegar a un equilibrio entre las emisiones y el CO<sub>2</sub> consumido por el sistema si las emisiones se redujeran aproximadamente a la mitad de su nivel actual. Sin embargo, dado que las emisiones a largo plazo de CO<sub>2</sub> del océano a la atmósfera continúan, se requerirían mayores

reducciones de la concentración atmosférica de los gases para obtener la estabilización. Así las cosas, durante los próximos siglos, las emisiones deberán reducirse hasta llegar al nivel existente en la tierra y en depresiones oceánicas. Ese nivel se cree es menor que 0,2 GtC/a, que es solo una pequeña fracción del nivel estimado actual de cerca de 8 GtC/a.

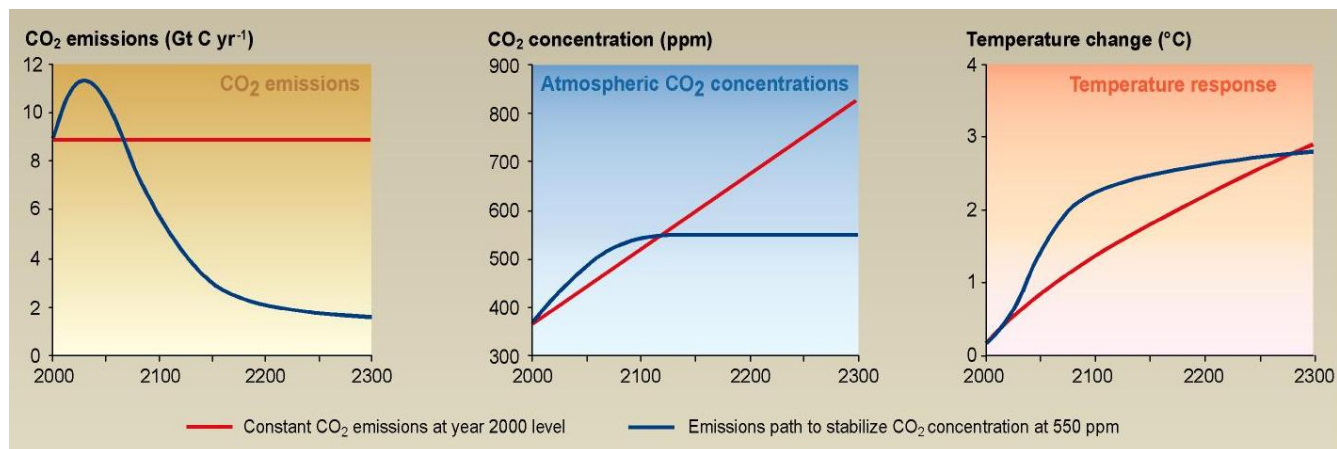


Figura 1.2: Impacto de la estabilización de las emisiones vs. estabilización de las concentraciones de CO<sub>2</sub>

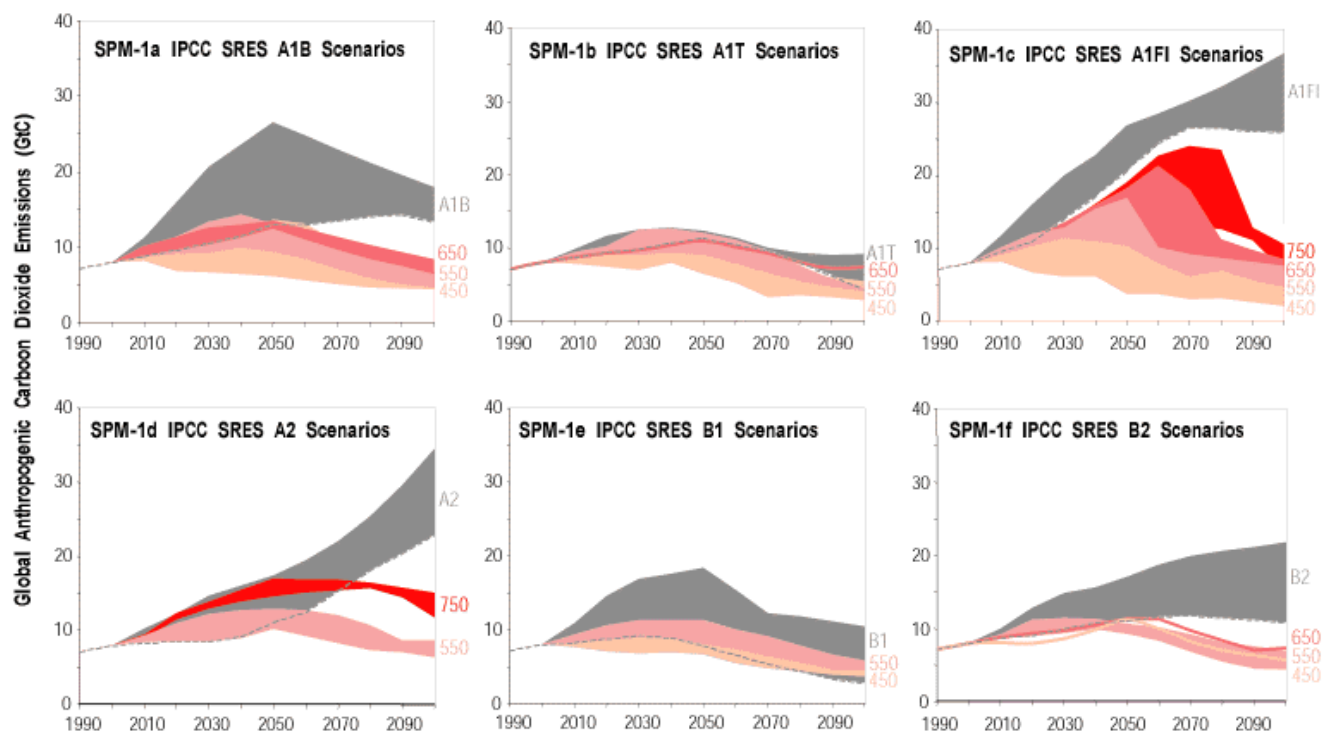


Figura 1.3: Comparación de escenarios de referencia y de estabilización

### 1.1.3. Escenarios de la Línea de Base

El esfuerzo necesario para bajar las emisiones de gases de efecto invernadero desde el nivel de un año base hasta un nivel menor, depende no solamente de la distancia entre el nivel deseado y el actual, sino también de la progresión que las emisiones tendrían en la ausencia de una política climática (es decir la evolución de la *línea de base*) La *Figura 1.4* ilustra estas diferencias.

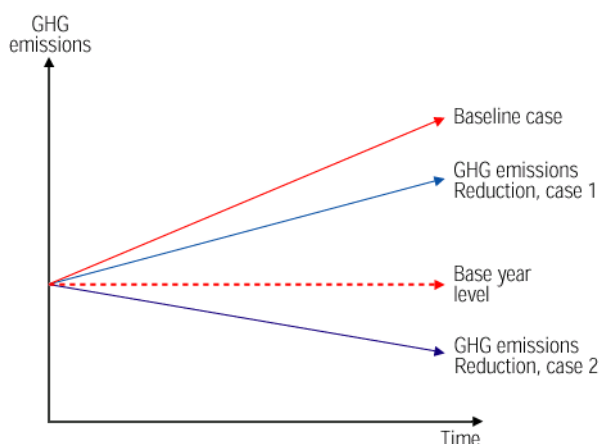


Figura 1.4: importancia de la línea de base

Seis grupos de escenarios de referencia sobre emisiones fueron desarrollados por el IPCC y publicados en el Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE). Las cuatro familias de escenarios "A" enfatizan el desarrollo económico, mientras que los dos escenarios "B" enfatizan el desarrollo sustentable (Carter y La Rovere, 2001). En los escenarios A1 y B1, las tasas de natalidad disminuyen a partir de alrededor del año 2050, mientras que en A2 y B2 el crecimiento demográfico continua sin cambios. Los escenarios A1 se subdividen en tres grupos que ilustran desarrollos de tecnologías energéticas alternativos: El A1F1 utiliza intensivamente energía fósil, el A1T asume la completa utilización de fuentes de energía de origen no fósil, y A1B realiza un intermedio entre todas las fuentes (ver figura 1.3). El IE-EE utilizó seis modelos representativos de la forma en que aborda el tema la literatura especializada para generar estos escenarios: AIM, ASF, IMAGE, MARIA, MESSAGE, y MiniCam. El nivel de la población y la actividad económica son las variables básicas de estos modelos. Alguno de los escenarios incorpora supuestos sobre variables socioeconómicas subyacentes tales como valores sociales e instituciones gubernamentales. Es frecuente que se hagan estimaciones del nivel de

ciertas actividades sectoriales o de precios de *commodities* claves.

En el presente estudio, al hacer referencia al escenario con ausencia de política climática (APC), la línea de base utilizada será la de Poles Image común (CPI), del modelo IMAGE (Modelo Integrado para la Evaluación del Efecto Invernadero) (Alcamo, 1994). La línea de base CPI presupone un proceso de globalización continua, nivel de desarrollo de tecnología medio y fuerte dependencia de combustibles de origen fósil. Esto se corresponde con un escenario de emisiones de nivel medio al compararlo con los escenarios del IE-EE del IPCC. La elección de este línea de base está justificada por el hecho de que grandes organismos tales como la Unión Europea, utilizan generalmente este escenario; por otro lado las líneas de base del escenario IMAGE se encuentran fácilmente en el sitio web de la Universidad del RIVM, y por último por que el supuesto de la fuerte dependencia de combustibles de origen fósil del escenario CPI se justifica mediante ciertas conclusiones clave:

- *la demanda de calidad medioambiental no conlleva la reducción de emisión de gases de efecto invernadero.* Está aceptado generalmente que la calidad del medioambiente es un bien normal, y que por lo tanto su demanda aumenta cuando el ingreso aumenta (Kolstad, 2000). Consecuencia de ello es que los diferentes niveles de polución existentes en diferentes países pueden explicarse, hasta cierto punto, por diferencias en el ingreso. Sin embargo, un efecto adverso del crecimiento en el ingreso es el aumento del costo del control de la calidad del medioambiente. Desafortunadamente, el resultado empírico final (conocido como *la curva de Kutznets*) depende de la categoría de contaminante considerado, y en el caso de los gases de efecto invernadero, las emisiones tienden a crecer cuando el ingreso aumenta.
- *el agotamiento de los combustibles de origen fósil no es una razón suficiente para llevar a un cambio en el tipo de energía empleada.* A medida que la demanda de energía aumenta, los precios también aumentan, a menos que la oferta aumente en igual medida. Los costos de

<sup>2</sup> Las categorías de bienes se basan en la forma en que su demanda varía en la medida en que aumenta el ingreso de los consumidores: la demanda varía negativamente para bienes inferiores, positivamente para bienes normales, y fuertemente positiva es la variación (aumenta en mayor proporción que el ingreso) en el caso de bienes suntuarios.



la energía limpia bajan con el tiempo, mientras que las reservas de combustibles fósiles son limitadas, por lo tanto su precio subirá inevitablemente hasta el punto en que las fuentes de energía alternativa se conviertan en más baratas. Al llegar a ese punto, la energía limpia logrará la producción en masa, mejorará su competitividad y su precio bajará más rápidamente. Un cambio masivo en la fuente de energía empleada debería ocurrir. La pregunta es: ¿acaso este cambio sucederá antes de que sea demasiado tarde? Desafortunadamente, las reservas de combustible fósil estimadas no resultarán escasas para satisfacer la demanda mundial al menos por los próximos veinte años, especialmente el carbón (ver figura 1.7).

### 1.1.4. Escenarios de Estabilización

Los modeladores que participaron en el proceso del IE-EE fueron parte de un programa especial del IPCC para cuantificar escenarios de estabilización de la concentración de GEI incluyendo techos de 450, 550 y 750 ppm (figura 1.3). Entre las diferentes líneas de base, el objetivo de estabilización de 550 ppm fue el más estudiado (Morita y Robinson, 2001). Los resultados de este estudio sugieren que se necesita alcanzar una reducción significativa de las emisiones para el año 2020 para alcanzar los escenarios de estabilización de 550 ppm. De acuerdo con los escenarios IMAGE, las emisiones globales deben alcanzar su pico en 2015 y luego reducirse en un 19% por debajo de la línea de base CPI para el año 2020.

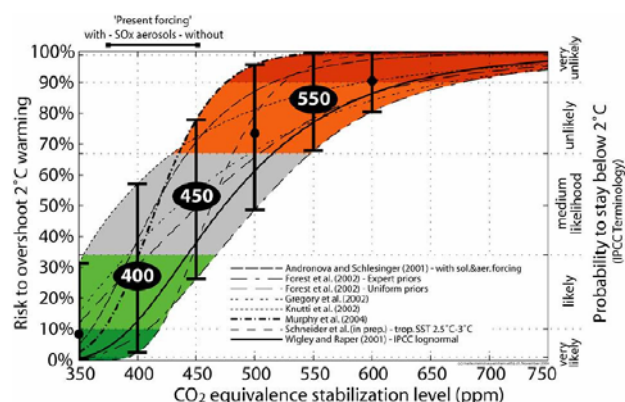


Figura 1,5: La probabilidad de rebasar los 2°C

Un escenario de 550 ppm no garantizaría una acción exitosa para controlar el cambio climático. Aunque la gran mayoría de científicos y responsables de políticas reconocen la necesidad de mantener la temperatura promedio global por debajo de lo 2°C al superar el nivel preindustrial, existe incertidumbre con respecto a los límites al nivel de concentración de los GEI que esto impondría. Un enfoque probabilístico basado en ocho modelos climáticos (Hare y Meinhausen 2004) demostró que las probabilidades de éxito de que un escenario de 550 ppm se ajustara a una restricción de 2°C sería de alrededor de un 33% (figura 1.5). Sin embargo, una estrategia de cobertura de menor costo, justifica un sendero de reducción cercano al escenario de concentración de 550 ppm hasta el año 2020, y luego adoptando un camino de 450 ppm en ese punto. (figura 1.6) Por lo tanto, en este estudio, se considerará el escenario de 550 ppm del modelo IMAGE, al evaluar las posibilidades de las políticas de mitigación.

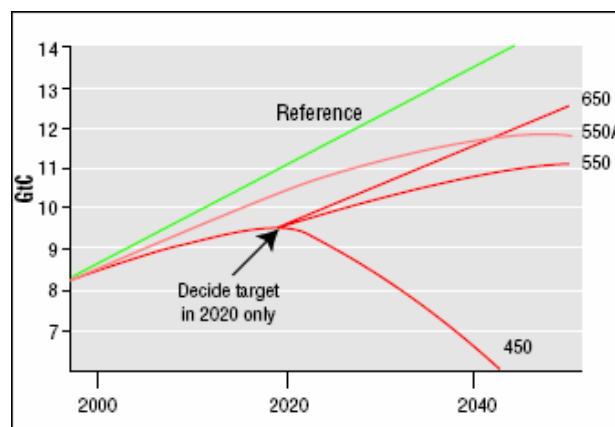


Figura 1.6: una estrategia de cobertura entre los caminos de 450, 550 y 650 ppm.

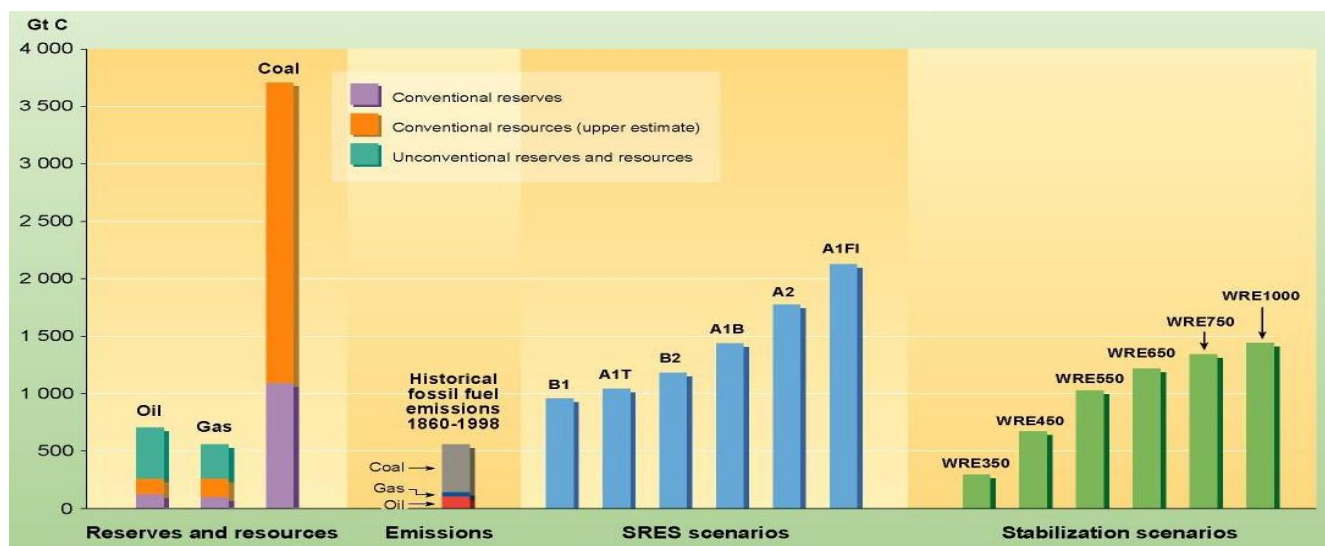


Figura 1.7: El carbón en las reservas de combustible fósil comparado con emisiones de carbón históricas entre los combustibles fósiles, y con emisiones acumuladas de carbón de un rango de escenarios de estabilización del IE-EE y el TIE hasta el año 2100.

#### 1.1.4. Objetivos de Kyoto

Los objetivos definidos en el Protocolo de Kyoto apuntan a una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero de 38 países desarrollados (llamados *países del Anexo I*) en un 5,2 % de los niveles de 1990, para el año 2012. Esto implica una reducción del 11,6 % en las evoluciones de las líneas de base de los países del Anexo I, llevando las emisiones globales hasta un nivel de 11,8 giga toneladas de carbón para 2012 en lugar de 12,5; es decir una reducción del 7,2% de la evolución que tendría la línea de base mundial. Aunque estos objetivos surgen más bien de las negociaciones llevadas a cabo en Kyoto en 1997 que de la ciencia climática, se corresponden en general con las trayectorias del escenario de estabilización de 550 ppm de IMAGE.

Pero los objetivos del protocolo de Kyoto representan tan solo un primer paso hacia la mitigación del cambio climático, y los escenarios de estabilización de 550 ppm exigen un 19% de reducción en las emisiones globales para el año 2020 y de un 75% para 2050, en comparación con la línea de base.

#### 1.2. Soluciones técnicas para la reducción de los GEI

Los seis gases que son considerados como responsables del efecto invernadero son despedidos de modo irregular por diferentes sectores de la economía, tal como lo muestra la *tabla 1.1*. En lo que respecta al efecto invernadero, el CO<sub>2</sub> representa el 72% de las emisiones mundiales de GEI; de los cuales un 87% proviene del quemado de combustibles de origen fósil, mayormente utilizados como fuentes de energía, y el restante 13% de los cambios en el uso de la tierra. Las principales fuentes de emisión<sup>3</sup> relacionadas con el CO<sub>2</sub> son: geración de energía (41%), industria (18%), transporte (21%) y otros sectores, incluyendo viviendas (14%). El gas metano representa un 16% de las emisiones de GEI, mayormente atribuible al sector desperdicios; y el dióxido nitroso un 9%, causado principalmente por la agricultura. Los otros gases representan menos del 2% de las emisiones globales.

<sup>3</sup> El carbón, el petróleo y el gas tienen diferentes *factores de emisión*:

Carbón: 0.027 ton/mmbtu (millones de unidades termales británicas)

Petróleo Crudo: 0.021 ton/mmbtu

Gas natural: 0.015 ton/mmbtu

	carbón	petróleo	gas	otros	Total
Combustibles Fósiles CO2	2404	2282	1181	41	<b>6306</b>
Generación de energía	1810	253	506		<b>2569</b>
Transformación, uso propio y pérdidas					<b>333</b>
Consumo Total Final	594	2029	674	41	<b>3404</b>
- Industria	480	321	312		<b>1112</b>
- Transporte		1299		41	<b>1340</b>
- Otros Sectores	114	409	363		<b>886</b>
- No consumidores de energía					<b>66</b>
CO2 Cambio de uso de la tierra				945	<b>945</b>
CH4				1649	<b>1649</b>
N2O				953	<b>953</b>
Gases-F				187	<b>187</b>
Emisiones Totales de GEI					<b>10040</b>

Tabla 1.1: Emisiones de GEI en 2002, en GtC  
(Fuente: IEA y RIVM)

La variedad de fuentes en las emisiones de gases de efecto invernadero, seguramente requerirá de múltiples soluciones técnicas para reducir las. A pesar de la tendencia general de las economías mundiales a mantener el mismo nivel de producción utilizando menor cantidad de energía, mediante la reducción en la *intensidad energética*, y a emitir menos gases de efecto invernadero, mediante la reducción de la *intensidad en carbono*, esta transformación no está sucediendo lo suficientemente rápido como para contrarrestar el efecto del crecimiento económico y de ese modo asegurar una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero. No se espera que surja una solución producto del avance científico a tiempo, dado que el retraso entre un descubrimiento y su aplicación industrial generalmente es de 20 años; lo que implica que aunque hoy se logre un importante avance en el tema, no se observarán bajas significativas en las emisiones hasta 2020, y en consecuencia no se conseguirá arribar al escenario de 550 ppm. Los resultados esperados del programa de fisión nuclear del ITER por ejemplo, no pueden considerarse como una solución viable a la generación de energía relacionada con emisiones de CO<sub>2</sub>. A resultas de esto, la mitigación del cambio climático debe lograrse utilizando tecnología de vanguardia.

El IPCC confeccionó una lista de las tecnologías disponibles, sus costos de capital y operacionales y su potencial de desarrollo, en todos los sectores y regiones ((Moomaw y Moreira, 2001). Una de sus

conclusiones es que la importancia relativa de los costos de capital respecto de los costos operacionales, depende de la tasa de descuento aplicable en mercados específicos, y por lo tanto varía entre las diferentes regiones. A manera de ejemplo; mientras que las centrales con turbinas de gas de ciclo combinado (TGCC) corren con costos de capital bajos y costos operacionales altos, la energía eólica conlleva costos de capital altos y costos operacionales bajos. La energía del carbón y la energía nuclear están en el medio (como muestra la *figura 2.2*). Otra de las conclusiones se refiere al importante potencial de las energías renovables.

La energía eólica por si sola, en teoría, puede cubrir en más de 24 veces la demanda de energía actual, y la energía solar en más de 117 veces.

En algunos mercados, los costos de estas tecnologías ya compiten con los de los combustibles fósiles y están bajando continuamente, con altos índices de crecimiento de su utilización (25% para la eólica). Sin embargo, estos índices son aún insuficientes como para provocar el cambio de combustible necesario para estar en línea con un escenario de estabilización de la concentración de GEI, ya que se prevé que estas energías alternativas representarán tan solo el 2% del total de la energía utilizada globalmente para 2020, como consecuencia de que no se espera una baja de precios lo suficientemente pronunciada.

Existe una amplia gama de tecnologías disponibles en cada sector que permiten la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Su posibilidad de despegar en los mercados dependerá en la economía de estas soluciones, pero la mayoría de ellas pueden estar atrapadas en una "trampa de precios". Según Moomaw y Moreira (2001), una gran proporción del capital se invierte en un número de tecnologías relativamente pequeño, que son las responsables de la porción más significativa de la oferta de energía y los mercados de consumo. Existe entonces una tendencia hacia la optimización de estas pocas tecnologías y al desarrollo de su infraestructura, obteniendo ventajas con ellas que serán más difíciles de igualar por las demás tecnologías. Esto lleva a que algunas tecnologías se encuentren "encerradas" en una situación dominante. Hay un sinnúmero de programas gubernamentales para el cambio y la innovación de tecnologías. Los gobiernos pueden inducir a realizar cambios tecnológicos e influenciar en los niveles de innovación mediante regulaciones a los mercados energéticos, regulaciones de medio ambiente,

estándares de eficiencia energética, e iniciativas basadas en el mercado tales como impuestos energéticos y a las emisiones.

## 2. Política Climática y Eficiencia Económica

Dado el escaso tiempo disponible para abordar la problemática del cambio climático, y la necesidad de que algún tipo de política impulse la conversión de nuestras economías hacia una reducción en las emisiones de GEI, el siguiente paso es una cuestión de costos. Aunque, para comienzos de 2005, 189 países habían ratificado la CMNUCC acordando la necesidad de reducir las emisiones de GEI, cuatro de los 38 países desarrollados del "Anexo I" aún no han ratificado el Protocolo de Kyoto. Más aún, todo el mundo en desarrollo está en contra de la idea de acordar cualquier tipo de compromiso para reducir sus propias emisiones. La razón esgrimida es bastante simple: es demasiado caro.

Aún no existe consenso respecto del costo de mitigación del cambio climático. En 2001<sup>4</sup>, en la *Síntesis de su Tercer Informe de Evaluación (TIE)*, el IPCC estableció que una apropiada política internacional podría nivelar los costos de mitigación de las emisiones al mismo precio mínimo para todos los países del *Anexo I*, de 70 Dólares estadounidenses por tonelada de CO<sub>2</sub>, según la estimación promedio hecha por la comunidad científica. Sin embargo, puede que esta cifra no sea de demasiada ayuda para los fijadores de políticas, ya se trata simplemente de un promedio de los resultados obtenidos por varios modelos económicos, pero que no refleja las grandes divergencias existentes entre cada uno de ellos.

Los análisis económicos arriban a resultados muy diversos, principalmente por que se basan en supuestos y metodologías muy diferentes entre sí. Hay varios métodos para valuar el costo de una política económica. Estos métodos van desde medir los costos totales de los recursos – es decir el costo de los recursos redireccionados para implementar la política- a medir los resultados agregados tales como el producto bruto interno (PBI), o medidas del bienestar económico. Los costos también pueden analizarse en contraste con los beneficios del cambio climático evitado mediante políticas de mitigación, lo que resulta en

que trayectorias óptimas de mitigación mejoran el desempeño económico.

El objetivo de este capítulo es poner de relieve los mecanismos económicos desencadenados por las políticas de reducción de emisiones para evaluar análisis anteriores e instrumentos políticos muy difundidos; y analizar los efectos de las políticas de mitigación sobre la eficiencia económica.

### 2.1. Impactos Económicos de la Mitigación de GEI

Esta sección se ocupa del impacto en la economía que tiene la reducción de los gases de efecto invernadero.

#### 2.1.1. Costos del Recurso

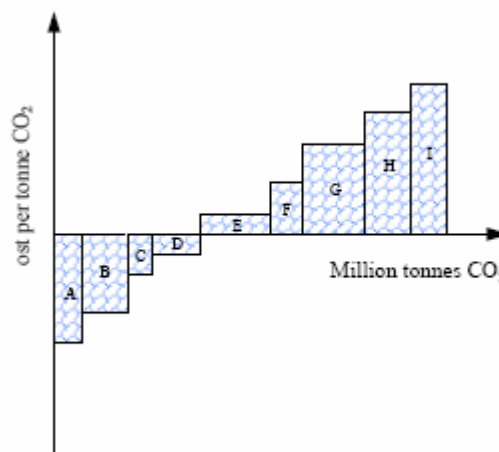


Figura 2.1a: Curva escalonada (Fuente: PNUMA, 1998)

<sup>4</sup> IPCC, 2001a

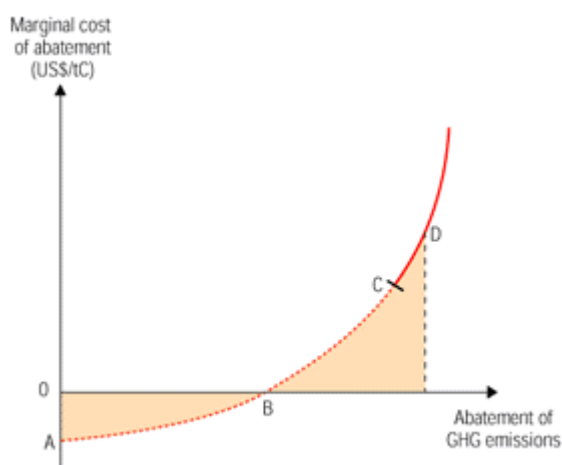


Figura 2.1b: Curva de costos envolvente (Fuente: IPCC, 2001)

Desde la perspectiva de un sector en particular (por ejemplo: energía), la reducción de las emisiones de GEI involucran costos industriales de implementación. Un esquema comúnmente utilizado para calcular estos costos utiliza las llamadas curvas de costos de reducción de emisiones de GEI, este enfoque es el de la *ingeniería económica*. La idea es representar el *costo marginal* de las medidas de reducción de emisión de GEI en orden de mérito (por ejemplo, ahorro de energía, cambio de fuente de combustible etc.) Las curvas de costos pueden construirse de manera escalonada o como curvas envolventes (figuras 2.1a y 2.1b). Cada tecnología o medida a adoptar respecto de la demanda de energía se evalúa de manera independiente a través de la contabilización de sus costos y ahorros, y la suma de ambos es el costo financiero de la política.

Las curvas de costos permiten evaluar los costos de producir energía utilizando diferentes opciones tecnológicas de mitigación, en comparación con lo que costaría sin reducción de emisiones. Estos representan *costos de oportunidad* lo que implica que dependen del costo de las opciones con uso de combustible fósil a la que deben reemplazar. También dependen de la manera en que las inversiones se descuenten: ya sea a una tasa de descuento fija, o que las inversiones en cada tecnología se deprecien utilizando tasas relacionadas con su vida útil.<sup>5</sup> Las predicciones

<sup>5</sup> En este último caso, los costos del ciclo de vida, asociados con una tecnología individual son evaluados en la forma:

$$C = (1+r)^n / [(1+r)^n - 1] r C_K + C_O,$$

sobre avances tecnológicos, como así también las restricciones a causa de barreras sociales, técnicas o de mercado pueden también ser parte del modelo, en una evaluación *dinámica de costos*. La figura 2.2, por ejemplo muestra el *costo estático* de cuatro opciones clave de generación de energía (40% del consumo de energía mundial), basándose en tecnologías actuales. Un cálculo rápido basado en estas cifras nos lleva a la conclusión aproximada de que la supresión de las plantas de carbón podría reducir las emisiones de GEI en un 18% por un costo menor a \$10 por tonelada de carbón<sup>6</sup>, utilizando tecnologías disponibles hoy en día.

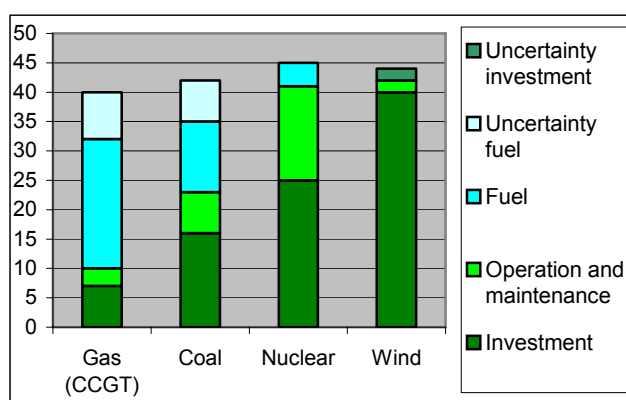


Figura 2.2: Costos indicativos de plantas de energía nuevas, en Dólares US por MW/h (fuente: IEA, 2004)

Algunos estudios revelan que las políticas de mitigación de GEI podrían tener costos negativos a raíz de potenciales de eficiencia en la economía aún sin explotar, tal como lo sostienen Hourcade y Shukla (2001, p.506). Esto se muestra en la figura 2.1b. De A a B, el costo marginal de mitigación es negativo, y de B en adelante, el costo es positivo. En conjunto la política puede entonces tener un costo negativo y se la llama una opción *sin pesar* (medida que merece la pena aplicar de todos modos). Aquí se presentan ejemplos, con el nombre del modelo entre paréntesis:

EEUU: Kyoto a un costo de entre -7 y -36 mil mill \$ (5-Lab)

Europa: -50% respecto del nivel de 1990 a un costo negativo (IPSEP).

Canadá: Kyoto por -26 mil mill.\$ (MARKAL)

dónde  $C_K$  y  $C_O$  son los costos del capital y operacionales respectivamente,  $n$  la vida útil de la planta y  $r$  es el "costo promedio ponderado del capital" (por ejemplo,  $r=1/n$  si el mismo monto de  $C_K$  se invierte cada  $n$  años)

<sup>6</sup> Las emisiones en toneladas de CO<sub>2</sub> por MW/h son 0,35 para el gas y 0,8 para el carbón (fuente: IEA, 2004a); 1 tCO<sub>2</sub>=3,66 tC

Estas conclusiones no aparecen con demasiada claridad en el gráfico que se muestra en la sección del Tercer Informe de Evaluación (TIE) del IPCC dedicada a estudios de "abajo hacia arriba" o estudios "bottom-up" (Hourcade y Shukla 2001, p. 508). Este gráfico, que se reproduce en la *figura 2.3*, representa los costos marginales (no totales), con las tecnologías de hoy. Mientras muestra costos marginales positivos para todo nivel de reducción, elude los costos totales negativos. Pero incluso los costos marginales están frecuentemente en el rango de los 0-50 dólares por tonelada para reducciones cercanas a los niveles de Kyoto (equivalentes a 11,6% respecto de la línea de base). En otra sección del TIE en al que describe estudios de "arriba hacia abajo" o estudios "top-down", los resultados presentados (*reproducidos en la figura 2.13*) se basan en proyecciones futuras de eficiencia y productividad y no consideran costos totales negativos.

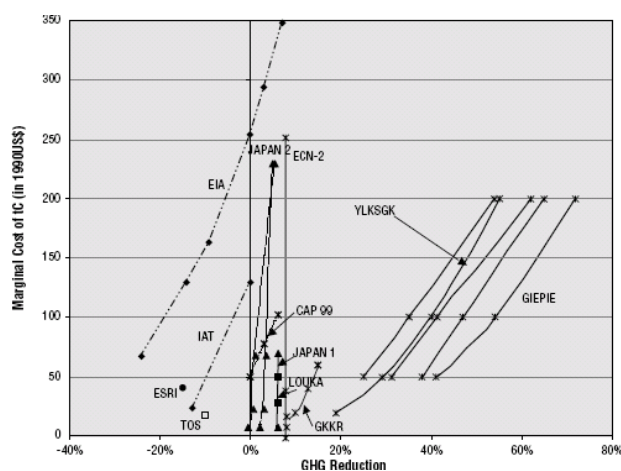


Figura 2.3: Reducciones de GEI en 2010 con estudios de "abajo hacia arriba".

Existe una controversia respecto de la existencia y tamaño del área negativa, que representa el costo total negativo de alcanzar la reducción B. Los modelos de costos de mitigación del cambio climático se han dividido en dos categorías: los modelos ricos en tecnología y de "abajo hacia arriba" y los más agregados y macroeconómicos modelos, de "arriba hacia abajo"; aunque esta división tiende a ser menos clara. Por definición, solamente los modelos de "abajo hacia arriba" usan curvas de costos. Los modelos de "arriba hacia abajo" deben asumir que todo costo de mitigación es positivo<sup>7</sup>, lo que se explica mediante los

<sup>7</sup> Esto es por que los modelos económicos de producción, o las *funciones de producción*, tales como Cobb-Douglas o CES (ver la siguiente sección), son todas funciones monótonas.

siguientes argumentos: en condiciones de competencia perfecta, si una acción es justificable económicamente, esta será adoptada independientemente de cualquier preocupación de tipo climática (Hourcade y Shukla, 2001, p.514). Pero un elemento clave de la condición de competencia perfecta es la información - especialmente información de costos -, por lo tanto, ¡un supuesto de información perfecta no debería ser parte de la base de un informe cuya misión última es informar sobre costos! Otro inconveniente de esos modelos es que se basan en valores empíricos, tales como la evolución de la productividad o la intensidad de carbón de las últimas décadas, sugiriendo que existe una evolución "natural" en la economía y que solo podría cambiarse mediante la reducción de la producción (o la compra de permisos de emisión) en lugar de soluciones tecnológicas sensatas.

### 2.1.2. Efecto Precio 1: Corrimiento Parcial del Equilibrio

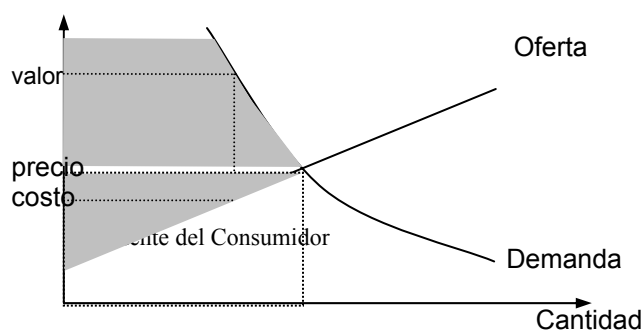


Figura 2.4: excedentes del consumidor y del productor

La razón por la cual en general se consideran a los costos marginales elementos centrales de las políticas climáticas, es el efecto que tienen sobre el comportamiento de los mercados. Aunque los costos los pague el productor, también afectan a los consumidores. En la teoría de la oferta y la demanda, los precios tienden a fijarse por el equilibrio del mercado, es decir la intersección de las curvas de oferta y demanda. La producción obtenida por encima de la curva de oferta, que representa los costos de producción, contribuye al excedente del productor u oferente; y los productos comprados por debajo de la curva de demanda, que representa el *valor*<sup>8</sup> asignado por los consumidores o su

<sup>8</sup> El *valor* de cualquier recurso es su riqueza, atractivo o utilidad basada en las preferencias individuales. El valor total de un recurso es la suma de los valores de los diferentes individuos involucrados en el uso del mismo. (IPCC, 2001b)

disposición a pagar, contribuye al excedente del consumidor<sup>9</sup>, tal como lo muestra la *figura 2.4*. Tal como lo muestra la *figura* la mayoría de los bienes son producidos por menos que su valor de mercado, y la mayoría de los consumidores aceptaría pagar un precio mayor. Estando en equilibrio, lo que cuesta producir una unida extra de un bien, su *costo marginal*, es exactamente igual al precio que se pide por él.<sup>10</sup>

Reducir las emisiones de GEI más allá del punto *sin pesar*, o sea con un costo total estrictamente positivo, elevaría los costos de los productos cuya producción utiliza combustibles de origen fósil. La *figura 2.6*, ilustra el impacto en los costos operativos<sup>11</sup> de la producción de electricidad, en la Unión Europea, de una política de mitigación que agregaría 15 Euros al costo por tonelada de carbón emitida. Aunque los aumentos en los costos de producción, representados por el tamaño del área entre la curva rosa y la curva azul, dependen de la *intensidad de carbón*<sup>12</sup>, los aumentos en los precios de la energía dependen solamente del extremo derecho de la curva.

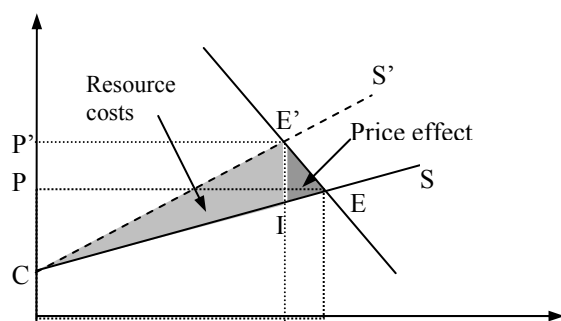


Figura 2.5: pérdida de excedente causado por la mitigación

Uno de los sectores que se ve más afectado por los costos de la reducción de emisiones es el sector

<sup>9</sup> El *excedente del consumidor* es una medida del *valor* asignado por los consumidores más allá del precio que se paga por el bien o el servicio; el *excedente del productor* es el retorno por encima del costo de producción que remunera a la habilidad empresarial del dueño o los activos escasos (por ej. tierra productiva para la agricultura) (IPCC, 2001b)

<sup>10</sup> Una simple demostración analítica proviene del hecho que la ganancia está dada por  $pQ - C$ , dónde  $p$  es el precio,  $Q$  es la cantidad y  $C$  es el costo. Por lo tanto la ganancia se maximiza cuando  $p = \partial C / \partial Q$  que representa al costo marginal del bien producido (Kolstad, 2000).

<sup>11</sup> Estos no incluyen a los costos de inversión.

<sup>12</sup> La razón entre las emisiones de GEI y la producción total.

energético. Los costos de reducción impactan sobre el equilibrio oferta/demanda de este sector, que se conoce como *equilibrio parcial* ya que es solo uno de los muchos sectores de la economía. Costos más altos resultan en un corrimiento hacia arriba de la curva de oferta y por lo tanto precios más altos (*figura 2.5*). Al mismo tiempo, una demanda descendiente limita en alguna medida los aumentos de precios. Esta baja de la demanda lleva a una pérdida en la producción de:

$$\Delta Q/Q = 1/e_d \cdot \Delta P/P$$

dónde  $e_d$  es la elasticidad de la demanda del bien.

Los productores de energía que soportan los costos más altos, tienen que transferir íntegramente a los consumidores los costos de mitigación y no obtener ganancia alguna por subas de precios. Para los otros que soportan costos de producción más bajos, los aumentos de precio de la energía resultan en un aumento del excedente, de la misma manera que un aumento en el precio del petróleo hace más ricos a los productores de petróleo. Tal como se muestra gráficamente en la *figura 2.5* mediante un movimiento de la curva de oferta de  $S$  a  $S'$ , el excedente del consumidor se reduce en un monto que está representado por el área  $EPP'E'$ , mientras que el excedente del productor cambia del triángulo  $PEC$  a  $P'E'C$ . Dependiendo de la pendiente de la curva de demanda (es decir la *elasticidad-precio de la demanda*<sup>13</sup>) el excedente del productor puede descender –en el caso de una curva de demanda plana, es decir elástica– o aumentar –en el caso de una curva de demanda empinada, es decir inelástica–. Se evidencia fácilmente que la pérdida neta de excedente para el sector energético está representada por el triángulo sombreado,  $CEE'$  en la figura. Este costo es la suma del costo de los recursos por la mitigación (triángulo  $CIE'$ ) y la pérdida neta del excedente social provocado por el precio (triángulo más pequeño  $IEE'$ ). Puede probarse que el área del triángulo más pequeño es:

$$\text{Pérdida de excedente} = (1/e_d - 1/e_s)(e_d \Delta P)^2 / 2,$$

dónde  $e_d$  y  $e_s$  representan la elasticidad de la demanda (inversa de la pendiente de la curva de demanda) y la elasticidad de la oferta (pendiente de la curva de oferta), respectivamente. Como función cuadrática de la variación del precio, la pérdida

<sup>13</sup> El impacto del precio sobre la demanda se considera generalmente lineal, utilizando un factor de *elasticidad-precio*. Por ejemplo, si la elasticidad-precio de la demanda es  $-0,1$ ; un aumento del 10% en el precio provocará un descenso en la demanda de un 1%.



provocada por precio crece más rápido que el costo total de los recursos generado por la mitigación. El enfoque del equilibrio parcial demuestra la importancia de los precios en la determinación del impacto de una política. Sin embargo, su

añeamiento a tan solo un sector esconde otros ajustes de la economía en respuesta a precios más altos.

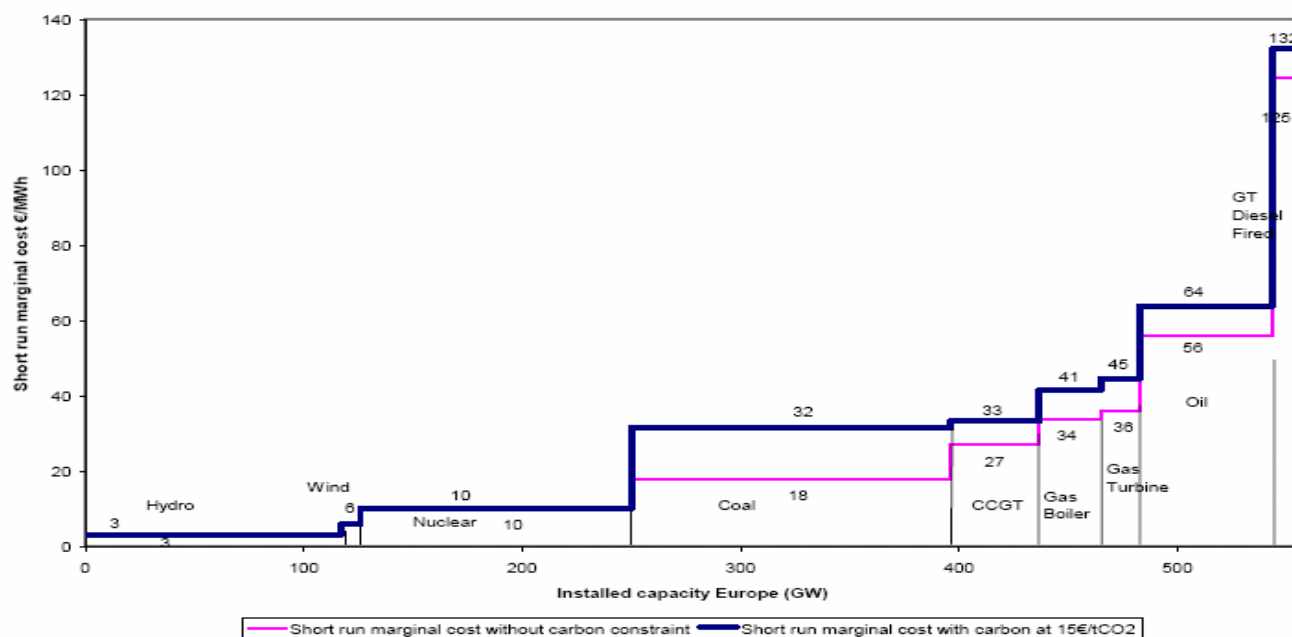


Figura 2.,6: Impacto para la UE en los costos operativos de la energía, de un costo de mitigación de €15/tCO<sub>2</sub> (Fuente: IEA (Reinaud, 2004))

### 2.1.3. Efecto Precio 2: Sustitución

Cuando los costos de mitigación se transfieren a los precios de la energía, estos precios más altos deberían conllevar un aumento en los precios de bienes y servicios energéticos (tales como transporte o calefacción), estos a su vez transferidos a otros bienes y servicios, y así sucesivamente, resultando en la pérdida del equilibrio en muchos mercados y pérdidas de excedente subsecuentes. Pero dado que la energía es tan solo uno de los insumos entre varios que intervienen en la producción de estos bienes y servicios, a medida que su precio aumenta, los productores y consumidores pueden optar por usar cada vez menos y emplear insumos alternativos para compensar el menor consumo de energía: por ejemplo, un aumento en los precios del transporte automotor puede aumentar la demanda de transporte ferroviario.

La teoría del consumidor establece que si puede obtenerse utilidad –o producción<sup>14</sup>– de una

variedad de insumos diferentes (tales como energía y trabajo, o transporte automotor y ferroviario), la minimización de los costos lleva a una distribución óptima de estos insumos. Pero como cada insumo y producto de la función de producción, pertenece a mercados diferentes, cada uno con su propia demanda, oferta y restricciones de equilibrio; es esperable que un aumento de precio de uno de los insumos afecte a todos estos mercados al mismo tiempo. Este impacto en la demanda de un bien determinado causado por cambios en los precios de los insumos utilizados para su producción, está dado por la *función Slutsky*:

$$\text{Efecto Precio total} = \text{efecto ingreso} + \text{efecto sustitución}$$

El efecto ingreso es la reducción del ingreso disponible para la compra de los productos cuando el precio de cualquier insumo aumenta, reduciendo de esta manera la demanda por el producto. El efecto sustitución representa el rebalanceo del

se modelan mediante funciones de producción, los dos conceptos resultan muy similares entre sí y los problemas de optimización que se les presentan pueden solucionarse de la misma manera.

<sup>14</sup> Aunque el comportamiento de los consumidores se modela utilizando funciones de utilidad y las compañías

grupo óptimo de insumos, que tiene lugar cuando aumenta el precio de uno de los insumos. El Apéndice C muestra la forma analítica de la ecuación de Slutsky.

El efecto precio de un bien sobre la demanda de otro también puede percibirse mediante el concepto de *elasticidad cruzada*. Y, en particular, el efecto sustitución (la habilidad de un grupo de insumos para re-balancearse), se representa mediante una medida de la *elasticidad de sustitución*, generalmente denominada  $\sigma$ .

Dado que la sustitución gradual de los combustibles de carbón por otras formas de energía es un requisito clave para el éxito en la batalla contra el calentamiento global, es importante que los modelos económicos consideren al efecto sustitución. El Tercer Informe de Evaluación (TIE) del IPCC, en su evaluación de los costos de las políticas de mitigación del cambio climático, (Hourcade y Shukla, 2001, pp.514-16) utiliza los resultados de un estudio comparativo llevado a cabo por el Foro de Modelación de Energía (FME, Universidad de Stanford). Los modelos típicamente representan sustituciones dentro de la expresión matemática de las funciones de producción<sup>15</sup>, y pueden ilustrarse por medio de un diagrama de estructura anidada, como muestra la *figura 2.7*. Este diagrama muestra una cadena de producción con un grupo de insumos, asociados a una elasticidad de sustitución, en cada nivel. Como los modelos agregados (de "arriba hacia abajo") tales como RICE (Nordhaus y Boyer, 1999), no representan opciones tecnológicas, no toman en cuenta posibles sustituciones entre diferentes tecnologías; y no logran considerar escenarios que involucren profundos transformaciones en la economía tales como la progresiva supresión de los combustibles fósiles.<sup>16</sup> Pero esta salvedad

<sup>15</sup> Los modelos más utilizados para las funciones de producción son:

La de Cobb-Douglas con la forma :

$$X = A \Pi X_i^{\alpha_i};$$

La de la Elasticidad de Sustitución Constante (CES) con forma :

$$X = A (\sum \delta_i X_i^{\gamma})^{1/\gamma}, \text{ con } \sum \delta_i = 1; \text{ y}$$

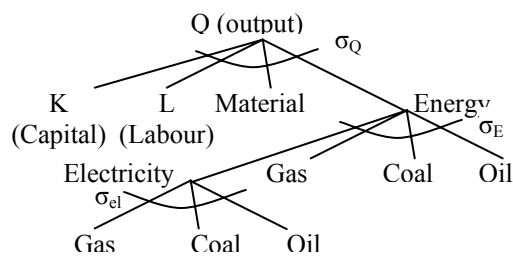
La de la Leontief con la forma:

$$X = A \sum \delta_i X_i$$

En estas expresiones, "A" representa a la productividad.

<sup>16</sup> En el modelo DICE, cada región del mundo está asociada con una función de producción de Cobb-Douglas:  $Q = \dot{U} A K^{\dot{\alpha}} L^{1-\dot{\alpha}}$ , donde  $\dot{U}$  se relaciona con "el impacto de la reducción de emisiones y cambio climático en el producto" y  $\dot{\alpha}$  es la elasticidad de la producción respecto del capital y "se considera igual a 0,25"

también es válida para muchos modelos con alto grado de tecnología involucrada que, generalmente, no incluyen ninguna representación de la energía nuclear o renovable, como muestra el ejemplo de la *figura 2.7*. Estas observaciones son aplicables a los modelos "G-Cubed"<sup>17</sup> (McKibbin y Wilcoxon, 1995), MIT-EPPA (Jacoby y Wing, 1999), AIM (Kainuma et al, 1999) y MS-MRT (Bernstein et al, 1999).



*Figura 2.7: Estructura de producción anidada del modelo G-Cubed*

Del resto de los modelos estudiados en el FME, cuatro incluyen una representación de las fuentes de energía distintas a los combustibles fósiles: El de WorldScan (Bollen, 2004) incluye la biomasa moderna, la nuclear, la eólica, la geotermal y la solar; Oxford (Cooper et al, 1999), la nuclear y "otra energía primaria"; ABARE-GTEM (Tulpulé et al, 1999), la "nuclear, hídrica o tecnologías de base renovables", y SGM (MacCracken et al, 1999) la hídrica y la nuclear. Y sus supuestos son aún bastante conservadores: por ejemplo, ninguno de ellos considera las opciones de cambio de tipo de combustibles en sectores tales como el transporte, en el cual tecnologías como el biodiesel o el motor híbrido ya están en el mercado.

La sustitución entre combustibles fósiles y otros combustibles es la más importante ya que puede ser mejorada por el avance tecnológico gracias a dos fenómenos: El primero es el *cambio tecnológico inducido* (CTI), es decir, el progreso tecnológico directamente relacionado con las inversiones en nuevas tecnologías en respuesta a los aumentos de precios. Un efecto de la

(Nordhaus, 1994). Dado que el modelo prevé una desaceleración del crecimiento de la productividad en un 11% anual, la única manera de compensar las reducciones de las emisiones de GEI es mediante un aumento en la distribución de capital/trabajo.

<sup>17</sup> En los modelos "G-Cubed" la producción de electricidad está dada por la función CES:

$$X_{el} = A_E (\dot{a}_{el1} X_{gas}^{1-\dot{\alpha}} + \dot{a}_{el2} X_{oil}^{1-\dot{\alpha}} + \dot{a}_{el3} X_{co}^{1-\dot{\alpha}})^{1/1-\dot{\alpha}}$$

por lo tanto excluyendo fuentes de emisión ajenas a los GEI.

sustitución a más largo plazo es que al estimular nuevos mercados, puede bajar los precios de los productos nuevos, mediante el progreso tecnológico de “aprender haciendo” (AH – “learning by doing”), y de esta manera acelerar las sustituciones, hasta que los mercados se vuelvan más competitivos que los intensivos en carbón, aún sin los costos de mitigación. Existen dos modelos (MERGE y NEMS) que incluyen mecanismos de “aprender haciendo” (AH), pero solamente como un parámetro general de la economía y no para desarrollos de energía renovable.

#### 2.1.2.4. Distorsión 1: Comportamiento de los Consumidores

En las secciones anteriores, al describir los efectos que tienen los aumentos de precios de la energía, se asumió que los productores y consumidores tienden a minimizar costos a través de su comportamiento. Efectivamente, el modelo de equilibrio parcial asume que los agentes económicos tienden naturalmente, mediante sus acciones, a maximizar su excedente total y minimizar su costo total. De acuerdo al *Teorema de la Equivalencia*<sup>18</sup>, dichos criterios se satisfacen en el punto de equilibrio entre la oferta y la demanda.

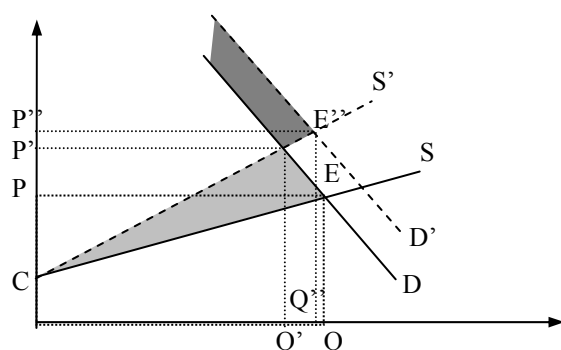


Figura 2.8: aumento del excedente por comportamiento ético

Tal como algunas veces se argumenta, una limitación de la que adolecen estos modelos, es el hecho de asumir que el comportamiento de los agentes económicos está siempre determinado por el deseo de minimizar sus costos, algo que no es necesariamente cierto. Algunos modelos también tienen en cuenta decisiones que están más bien guiadas por consideraciones respecto de la conveniencia, preferencia, información y otros aspectos. Sin embargo estas distorsiones del

mercado, ya existen aún antes de entrar a considerar las políticas, por lo que no hay razón para esperar que sean más fuertes con la introducción de la política. Más aún, algunos instrumentos políticos adicionales (tales como instrumentos de información), pueden incluso reducir estas distorsiones, por lo que la situación resultante puede estar más cerca al equilibrio (por lo tanto la eficiencia en costos) que la situación original.

El comportamiento ético tiene un efecto de aumento de la predisposición al pago, - por lo tanto de la curva de demanda-, de una energía que emita menos GEI, aumentando los precios y al mismo tiempo los excedentes tanto de consumidores como de productores (la suma de ambos representada por el área más oscura en la figura 2.8) y limitando la baja en la producción. Se puede pensar que para los consumidores una energía más “limpia” representa un mejor producto, más atractivo, y por lo tanto se demandará lo mismo por ella aún a precios más altos. El éxito de los automóviles híbridos, que son más caros, es tan solo un ejemplo de esta realidad.

#### 2.1.2.5. Distorsión 2: Poder de Mercado de los Productores

Una regla de oro en las economías de mercado es que solo se puede conseguir el efecto de optimización de los excedentes, en un mercado determinado, bajo ciertas circunstancias. Una de ellas es que ningún agente, por sí solo, pueda tener efecto alguno sobre los precios del mercado. La importancia de esta condición está frecuentemente subestimada, la teoría neoconservadora por ejemplo, asume que es siempre cierta, sin embargo el cambio climático afecta a varios mercados para los que no lo es.

La mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por el hombre son producidas por la combustión de combustibles fósiles, cuyos mercados están dominados por un número limitado de actores, en los cuales cada uno de ellos detenta un poder considerable. Casi la mitad de la producción mundial de petróleo proviene de la OPEP, el cártel más grande la historia. La industria de la extracción está altamente concentrada y es controlada por cuatro grandes compañías que tienen más de la mitad del mercado; que detentan el poder suficiente, no solo para influir sobre los precios, sino también para ejercer poder de lobby sobre gobiernos y organismos internacionales tales como el Banco

<sup>18</sup> Puede enunciarse como: “Un equilibrio de oferta y demanda se alcanza cuando la suma de los excedentes de productores y consumidores se maximiza”

Mundial o la CMNUCC. El mercado energético ha sido manejado por monopolios desde hace muchos años en la mayoría de los países, y su liberalización en Europa está creando gigantes, totalmente integrados verticalmente, que controlan íntegramente la cadena de distribución, lo que sugiere que está siguiendo el mismo modelo económico que la industria del petróleo.

El sector de la energía a base de combustibles de origen fósil es esencialmente ineficiente dado que no es una industria que funcione bajo las reglas del libre mercado. Por el contrario, la industria de energías renovables se caracteriza por contar con múltiples compañías y tecnologías igualmente disponibles para los consumidores, así asegurando la verdadera competencia. A pesar de su imagen anticapitalista, el sector de la energía renovable es más perfectamente capitalista que el sector de energía a base de combustibles fósiles. Contando con el potencial para eliminar las distorsiones atribuibles a la industria de los combustibles fósiles, su desarrollo se espera contribuya a aumentar el bienestar mundial.

### 2.1.3. Beneficios

El *costo social* de una actividad incluye el *valor* de todos los recursos utilizados para su provisión. Hasta aquí en este capítulo, hemos considerado recursos que son bienes y servicios cuyo precio se determina en el mercado y que cuentan con curvas de oferta y demanda determinadas. Pero existen algunos recursos, tales como la calidad del aire, que no comparten estas características, y que generalmente se los conoce como *externalidades* de la economía. Sin embargo, considerando que la sociedad está dispuesta a pagar por aire limpio, puede decirse que la calidad del aire tiene un valor.

Los beneficios de las externalidades (o beneficios externos) deben incluirse en el cálculo de una política climática. Pueden calcularse como el costo del daño causado por el cambio climático, que se evita mediante la reducción en las emisiones, y al que se refiere a veces como reducción de los *costos de adaptación* al daño por cambio climático. Estos beneficios son difíciles de cuantificar, ya que incluyen costos de mercado (como puentes destruidos) y costos ajenos al mercado (como la desaparición de especies animales).

El descuento es uno de los temas más controvertidos en economía del medioambiente y juega un papel particularmente importante en la valuación de la mitigación del cambio climático.

Cualquier costo o beneficio que ocurrirá en el futuro se estima hoy a un valor menor que su valor futuro por dos razones: 1) Se asume que el crecimiento económico enriquecerá a la población en el futuro (y por lo tanto los daños serán económicamente más baratos), y 2) los costos y beneficios futuros están sujetos a riesgo e incertidumbre. Dado que se supone que los costos de la mitigación deberán soportarse en el futuro cercano, y sus beneficios en cambio se gozarán en un futuro más lejano, el saldo de los costos lleva a que se subestimen los beneficios de la mitigación del cambio climático. Por lo tanto, lo que podría parecer un balance razonable entre costos y beneficios hoy, implica desafortunadamente subestimar inevitablemente la amenaza ambiental y el desastre potencial.

En el modelo DICE, descontar una función cuadrática de daño nos lleva a un escenario de *óptimo social* (es decir, dónde el costo marginal del daño por cambio climático iguala al costo marginal de la mitigación) al reducir las emisiones en solo 20,40 % del nivel normal o esperable si los demás factores permanecen sin cambio (nivel de proyección de la línea de base o BAU por sus siglas en Inglés), para el año 2100; aunque los expertos del IPCC son muy pesimistas respecto de reducciones por debajo de un 75% con condiciones de mercado normales.

Existe una corriente de opinión que sostiene que los modelos económicos deberían incluir la reversibilidad del daño (Philibert, 2003), para asegurar que los costos futuros sean medidos de una manera realista, solo si existe la posibilidad de acciones futuras para reparar el daño. Puede agregarse que el descuento solo debería aplicarse a los costos cuyos valores puedan bajar, en términos relativos, respecto de la riqueza general. El costo de factores tales como la vida humana o la creciente desertificación no deberían descontarse ya que siempre tendrán el mismo valor relativo con respecto a la riqueza general.

## **2.2. Instrumentos Políticos Internos**

Los instrumentos políticos pueden afectar significativamente el costo y la magnitud de la reducción en las emisiones de GEI. Un instrumento basado en cantidad, por ejemplo, asegurará que se alcance un cierto nivel de reducción de emisiones, mientras que un instrumento basado en precio garantizará un límite al precio de la reducción de emisiones. Aún en los casos en que la mitigación es virtualmente gratuita (las opciones *sin pesar*), los instrumentos políticos pueden ayudar a aprovechar

el potencial de esta mitigación gratuita. Tres instrumentos políticos han sido discutidos ampliamente en referencia a la problemática del cambio climático: normas regulatorias, impuestos y permisos de emisión.

### 2.2.1. Niveles Óptimos de Emisión

Al diseñar una política climática, la decisión sobre el nivel de emisiones de GEI que se considera "aceptable" es crítica. Conciliar el nivel de actividad económica con un daño por cambio climático limitado es un problema de optimización, que consiste en la maximización del beneficio social de la polución (mediante el producto económico) combinándolo con la minimización del costo social de la polución (por daño por cambio climático). En teoría, este nivel "óptimo" de emisión se obtiene cuando el costo marginal social de la polución es igual al beneficio marginal social de la misma. Debe destacarse que este concepto de óptimo se relaciona con el excedente social y por lo tanto con la optimización de la utilidad y el óptimo de Pareto

<sup>19</sup>.

Desafortunadamente, en lo que hace a la problemática del cambio climático, es difícil encontrar este nivel óptimo de las emisiones, primeramente por que no existe consenso respecto del costo marginal social de las emisiones de GEI (la forma de la función del daño introducida en el Capítulo 1 aún es materia de discusión entre científicos), y en segundo lugar por que dado que el daño se distribuye a lo largo del tiempo, este al descontarse, se reducirá a valores escasa significatividad. Un enfoque basado en el óptimo, podría llevar a una trayectoria de reducción de las

<sup>19</sup> Dos conceptos similares, pero con ligeras diferencias, de asignación de recursos pueden encontrarse en la literatura: una distribución de recursos eficiente en los términos de *Pareto* tiene la cualidad de que no existe otra posible distribución en la que alguno de los individuos consiga una mejor posición económica y ningún individuo una peor, en relación con el concepto individual de utilidad; por otro lado, una distribución es óptima en los términos de *Pareto* si maximiza una función agregada *paretiana* de bienestar social de las utilidades individuales. Ambas definiciones fueron encontradas en Gravelle y Rees (2004, p.290), aunque en la literatura la eficiencia en los términos de Pareto generalmente se entiende como equivalente al óptimo de Pareto. La maximización del excedente social resultará en la maximización de una función de bienestar con la forma:  $W = \sum u_i$ , donde las  $u_i$  son las utilidades individuales, que corresponden a una distribución óptima en los términos de Pareto.

emisiones muy lenta hoy en día, pero que se aceleraría rápidamente a media que el mundo se acerca a una situación catastrófica, forzando a las economías a adaptarse a ritmos imposibles, si es que el daño no fuera ya irreversible. Por esta razón, el racionalismo económico ha sido dejado de lado al evaluar los niveles de emisión óptimos.

Un grupo de países, incluyendo a la Unión Europea, han tratado de establecer como objetivo un aumento de 2°C en la temperatura promedio, respecto de los niveles pre-industriales. Este nivel representa una solución de equilibrio entre la actividad económica y el daño climático. Involucra eventos climáticos mucho más extremos que los que pueden observarse hoy en día, aún cuando estos ya han alcanzado frecuencias y niveles de intensidad record.

### 2.2.2. Normas Regulatorias vs. Impuesto Sobre los Hidrocarburos (Carbon Tax)

Un impuesto sobre las emisiones de GEI requiere que los emisores paguen una tasa fija por cada tonelada de  $CO_{2eq}$  de GEI introducida en la atmósfera. Un impuesto designado para reducir los costos de externalidades -también conocido como impuesto *Pigouviano* – es óptimo cuando iguala el costo (y beneficio) marginal social de la polución (y de la mitigación). Los impuestos sobre la emisión, establecen un costo marginal de mitigación máximo (que es el monto del impuesto) mientras que las normas regulatorias establecen una cantidad máxima, sin tener en cuenta lo que cueste. La *figura 2.9* muestra como un impuesto pigouviano resulta más barato que las normas regulatorias. Muestra el ejemplo de dos plantas, A y B, que producen 600 toneladas de GEI cada una, y deben reducir sus emisiones totales a la mitad mediante (a) una norma de reducción del 50% o (b) un régimen impositivo de \$200 por tonelada. Al asegurar que no se obtendrá mitigación alguna por más de los \$200 por tonelada, el impuesto resulta en total más barato.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> El costo de mitigación iguala a la pérdida de beneficio marginal provocada por la baja en las emisiones. En el primer caso es la suma de las superficies entre  $Q_{300}$ , y  $Q_{600}$  y entre  $S_B$ ,  $Q_{300}$  y  $Q_{600}$  y en el segundo caso es la suma de las superficies entre  $T_A$ ,  $Q_{200}$  y  $Q_{600}$  y entre  $T_B$ ,  $Q_{400}$  y  $Q_{600}$ . Asumiendo que el beneficio es lineal, y por lo tanto las superficies triangulares, el costo es de \$67500 con la regulación y de \$60000 con el impuesto.

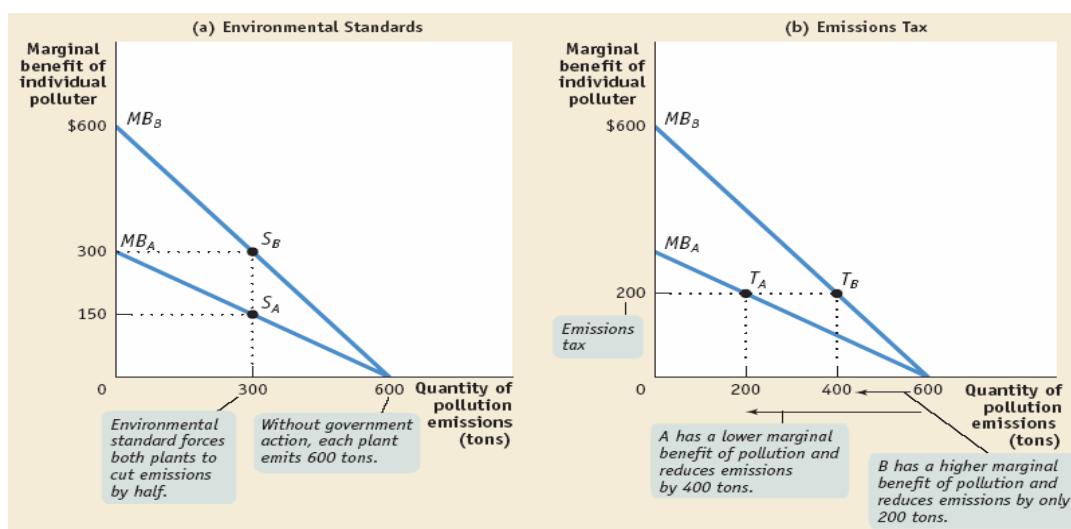


Figura 2.9: Normas regulatorias vs. Impuestos para dos contaminantes con diferentes beneficios marginales de la polución

Los regímenes de impuestos tienen varios problemas. En primer lugar, las imperfecciones del mercado pueden llevar a desviaciones significativas entre el comportamiento de minimización de costos y el real y, por lo tanto, habrá discrepancias entre el objetivo y la mitigación real alcanzada. En segundo lugar, los costos de mitigar deberían conocerse de antemano para poder calcular el impuesto, mientras que en la realidad, solo se los puede estimar al momento diseñar la política.

### 2.2.3. Permisos de Emisión Comercializables

Los permisos comercializables tienen el mismo efecto financiero que los impuestos, mientras que abordan varios de los problemas inherentes a los regímenes impositivos. Por definición, proporcionan una garantía de alcanzar un objetivo determinado. Quienes contaminen deben poseer permisos para por lo menos igualar su nivel de emisiones, de lo contrario se enfrentarán a la amenaza de multas por no cumplir con ellos.

Es fácil de comprobar que un permiso de emisión que cueste \$200 por tonelada emitida, tiene el mismo efecto que un impuesto sobre las emisiones de \$ 200 por tonelada<sup>21</sup>. Los costos totales son los mismos en el caso de un impuesto o en el caso de permisos comercializables. De hecho se considera que, bajo condiciones ideales, la eficiencia en el

corto y largo plazo y la aceptabilidad política de un instrumento basado en precios y de otro basando en cantidad, es equivalente (Pezzey, 1992).

El aliciente de los permisos comercializables no reside en la compra inicial de los mismos (la *emisión*) sino en su *comercialización*. En el ejemplo anterior, si A y B consiguen los permisos gratuitamente en un primer momento, pero luego pueden venderlos por \$200 cada uno, A tiene el mismo incentivo de reducir sus emisiones en 400 toneladas y vender 100 permisos a B. La única diferencia es la existencia (o no) de una transferencia a la autoridad emisora de permisos.

Los permisos deben comercializarse a un precio que asegure un incentivo suficiente para optimizar los costos totales de la mitigación, y este precio es en realidad el valor óptimo del impuesto pigouviano, es decir, el costo marginal de mitigación. Dado que los costos de mitigación resultan difíciles de estimar con precisión, el dejar que los precios de los permisos floten hace que el mercado procure ajustarlos a los valores más actualizados de los costos de mitigación estimados. El mercado de permisos tiene su propia curva de oferta y demanda e incorpora la contaminación al régimen de mercado, antes considerada como externalidad; de esta manera internalizando dicha externalidad, tal el enfoque de Coase (1960). Según el teorema de Coase, mediante negociaciones se puede llegar a una asignación eficiente de recursos, sin importar

<sup>21</sup> Tomando el ejemplo anterior, la planta A puede reducir sus emisiones en 400 toneladas y adquirir 2" permisos; la planta B puede reducir sus emisiones en 200 toneladas y adquirir 400 permisos.

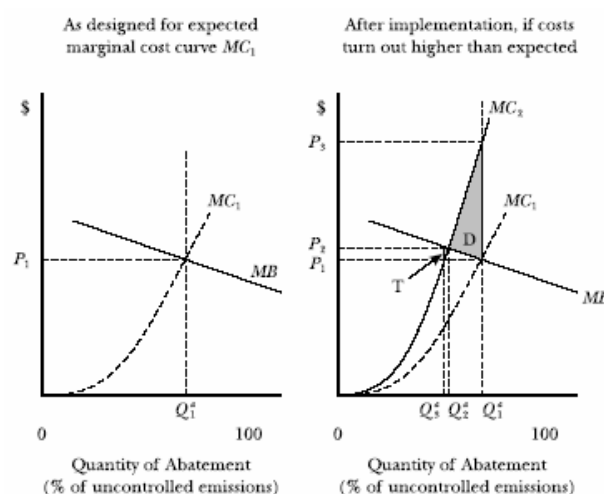
cuál fue la distribución original de los derechos de propiedad.<sup>22</sup>

### 2.2.3.1. ¿Pueden los Permisos paliar la Incertidumbre en los Costos?

Por convincente que parezca el régimen de permisos comercializables, este ha sido criticado por su eficiencia económica potencialmente inferior a la de los impuestos, debido irónicamente a la incertidumbre de los costos de mitigación. La *figura 2.10* muestra el efecto que tiene sobre la eficiencia económica el subestimar los costos marginales de mitigación. En este ejemplo, el beneficio marginal de mitigación, *MB*, es bastante llano, y el costo marginal de la mitigación se cree que, al momento de la regulación, asciende bruscamente, como muestra *MC<sub>1</sub>* en el panel izquierdo. Si el gobierno introduce una política de permisos, puede garantizarse un cierto nivel de mitigación, por ejemplo *Q<sub>1a</sub>*. Pero si los costos marginales resultan ser más altos de lo esperado (curva *MC<sub>2</sub>*), por que la mitigación es más cara de lo que se creía, mantener la eficiencia (es decir la maximización del excedente) requeriría hacer menos: *Q<sub>2a</sub>* en lugar de *Q<sub>1a</sub>*. Si se obligará a las compañías a mitigar por una cantidad igual a *Q<sub>1a</sub>*, el precio de los permisos ascendería sustancialmente hasta *P<sub>3</sub>*. Los costos del exceso de mitigación superarían a los beneficios, dicho exceso está representado en el diagrama por el triángulo sombreado *D*. En comparación, el efecto de la incertidumbre de los costos sobre la ineficiencia de los impuestos está representado por el triángulo más pequeño, justo debajo de *D*. Por lo tanto, el razonamiento económico recomendaría la implementación de un impuesto en lugar de permisos (McKibbin y Wilcoxon, 2002).

El ejemplo mostraba el caso de una curva *MB* (o función del daño climático) chata, y una curva *MC* empinada. Pero en el caso de una curva *MB* de pendiente pronunciada, o de una curva *MC* más chata, el área relativa de ambos triángulos se revertiría. En efecto, se ha sostenido que si la incertidumbre respecto de los costos marginales de mitigación es significativa, y si estos costos marginales son bastante chatos, y los beneficios marginales de mitigar caen relativamente rápido, entonces los instrumentos basados en la cantidad, tales como los permisos comercializables, serán más eficientes que los instrumentos basados en el precio, tales como los impuestos a las emisiones

(Weitzman, 1974, Stavins, 1998). Nuevamente recalamos que no existe una función del daño por cambio climático sobre la que haya acuerdo internacional, pero los científicos más optimistas la consideran como una función cuadrática de las emisiones, y los menos optimistas como una función con “forma de palo de hockey”; ninguna de ellas es demasiado chata.



*Figura 2.10: una política de permisos, bajo incertidumbre*

### 2.2.3.2. ¿Se Deben Emitir Permisos Gratuitamente?

Mientras que los precios de comercialización de los permisos son definidos por el mercado, cuando este funciona correctamente, el precio de emisión de los permisos es un tema que aún se debate. Si los permisos no se emiten gratuitamente, los contaminadores deben pagar el precio de otorgamiento del permiso por cada tonelada emitida hasta su “cuota”, más el precio de comercialización por cada tonelada emitida por encima de la cuota, si no reducen lo suficiente sus emisiones. Si efectivamente reducen sus emisiones, entonces tendrán que pagar por el costo de la reducción conseguida, más el precio de emisión u otorgamiento del permiso. El efecto precio que afecta el excedente social es probable que sea aún más agudo (como en la figura 2.11).

Parece una solución más lógica la de distribuir permisos gratuitamente (la opción de los derechos adquiridos o “grandfathering option”) para que solamente los costos de la reducción y mitigación se le sumen a los costos de producción. Sin embargo, una crítica que generalmente se le hace a la opción de los derechos adquiridos es que desalienta la entrada de nuevas compañías, y que puede desacelerar el cambio tecnológico. (IPCC,

<sup>22</sup> Esta es una definición simplificada de Gravelle y Rees (2004, p.321). Las condiciones para su aplicación serán detalladas en la sección 2.3.

2000). Por ejemplo, se podría llegar a recompensar a una compañía que redujo a la mitad sus emisiones, mientras que una compañía nueva, que contaminase la mitad, no recibiría ninguna recompensa; llevándolo al extremo, se podría dar el caso de un viejo contaminador que consiga obtener una renta simplemente por cerrar su negocio.

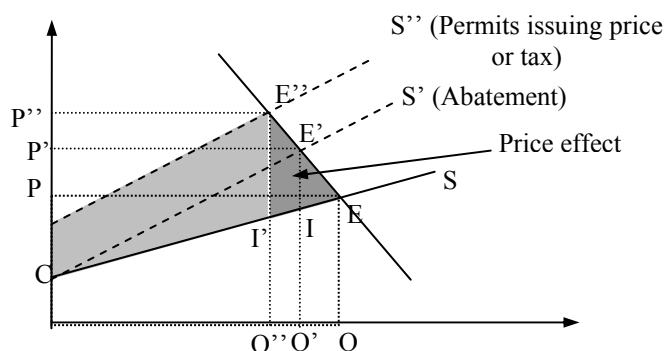


Figura 2.11: pérdida de excedente causada por mitigación e impuesto

No obstante las críticas, la opción de los derechos adquiridos es el único tipo de solución que se ha adoptado en los sistemas de permisos de emisiones existentes (en EEUU, y más recientemente en Dinamarca, RU, y UE).

### 2.2.3.3. ¿No Deben Emitirse Permisos Gratuitamente?

Dado que el problema de los instrumentos que incrementan ingresos es que hacen rebasar el efecto precio, el TIE expone varias opciones que reciclan el ingreso que podrían reducir, compensar, o incluso revertir este efecto precio, como muestra la figura 2.12. Cualquier tipo de reciclado de ingresos siempre reduce el efecto ingreso (de  $A_0$  a  $A_1$ ) por que el dinero se re-inyecta en la economía. Un reciclado más inteligente puede revertir el efecto precio como en las curvas  $A_2$  y  $A_3$  (*dividendo doble, débil y fuerte*)

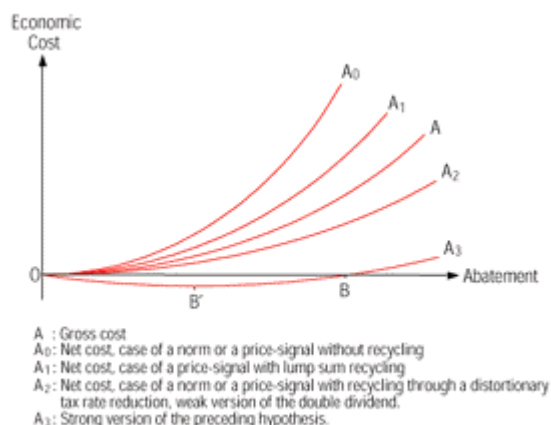


Figura 2.12: Los efectos del reciclado de ingresos de impuesto sobre los hidrocarburos.

De acuerdo al informe, el reciclado de ingresos en cantidad algunas veces resulta en un efecto de dividendo doble débil, pero nunca en uno fuerte. Pero al utilizar los ingresos de los permisos para financiar bajas en los impuestos existentes, se dan con mucha más frecuencia dividendos dobles. Esto es así porque aunque un instrumento que incrementa ingresos introduce una distorsión en el mercado, y por lo tanto una ineficiencia, puede que ya existan otros impuestos en la economía que causan distorsiones aún mayores. Si este es el caso, la eficiencia total puede mejorarse. En los países europeos, dado que el mercado laboral tiene altos costos impositivos, la utilización de ingresos fiscales para reducir impuestos al trabajo puede aumentar la eficiencia. En EEUU, como la reducción en los impuestos laborales solo parece generar un dividendo doble débil, descuentos en las rentas de capital crearían un efecto fuerte. La mayoría de los países en desarrollo (sin contar a China) tienen menos impuestos distorsivos tan arraigados, y por lo tanto es probable que tengan menos oportunidades de mitigación a través de una reforma fiscal.

### 2.2.4. Oportunidades de Reciclado de Ingresos

En la sección anterior se mostró que el reciclado de ingresos provenientes de permisos de emisión sin cláusula de los derechos adquiridos podría balancear el efecto precio incrementado por la compra inicial de permisos. Un efecto positivo compensa a otro negativo. Sin embargo, sería bueno que el efecto negativo no ocurra en primer lugar. Esto es posible en los sectores de la economía que no se rigen por el régimen de permisos.



A pesar de su gran participación en las emisiones mundiales de GEI, la industria del transporte, casi no se encuentra restringida por ninguna política nacional. El aumento del impuesto sobre los hidrocarburos en el transporte impondría en el sector un efecto en los precios similar al de un régimen de permisos que no aumenta ingresos, que resultaría en mejores oportunidades de dividendos dobles mediante el reciclado de la recaudación del impuesto. Concretamente, dicha opción podría consistir en que la recaudación del impuesto repercuta directamente en los recibos de sueldo de los trabajadores, lo que sería mucho más popular que los impuestos tradicionales, a la vez que contribuiría a la sustitución del aéreo por otro tipo de transporte, y crear mayor crecimiento económico.

### 2.2.5. Subsidios

Dado que las señales en los precios producidos por los costos marginales aparentan ser al menos tan perjudiciales para la economía como los costos totales, otras opciones para mantener el costo marginal de la mitigación a niveles más bajos pueden considerarse. Esto puede lograrse si la mitigación se realiza con anticipación a las señales

de aumento de los precios y no como una respuesta a ellas. Por ejemplo, una política puede disminuir o eliminar impuestos sobre las tecnologías con bajo nivel de emisiones para abaratarlas respecto de las de combustibles fósiles, creando de esta manera un efecto precio en el sentido contrario, y creando así riqueza en mayor medida que lo que se hubiera ahorrado utilizando las tecnologías iniciales. Los gobiernos también pueden desarrollar programas industriales nacionales para las tecnologías bajas en GEI, haciendo que mediante economías de escala se bajen los precios. Por opuestas a la lógica del mercado que puedan parecer, abundan ejemplos de este tipo de políticas. En marzo de 2005, la Comisión Europea lanzó un programa que incluye financiamiento público y ventajas impositivas para la creación de un programa de cultivos de un millón de hectáreas y procesamiento industrial para el biodiesel. Aún en los EEUU, el Congreso votó en abril una ley que promueve los ahorros energéticos y el uso de energías alternativas, por miedo al aumento del precio del petróleo. En algunos casos, y especialmente en un mercado tan imperfecto como es el de la energía, las acciones gubernamentales pueden resultar mucho más eficientes que la ley del mercado.

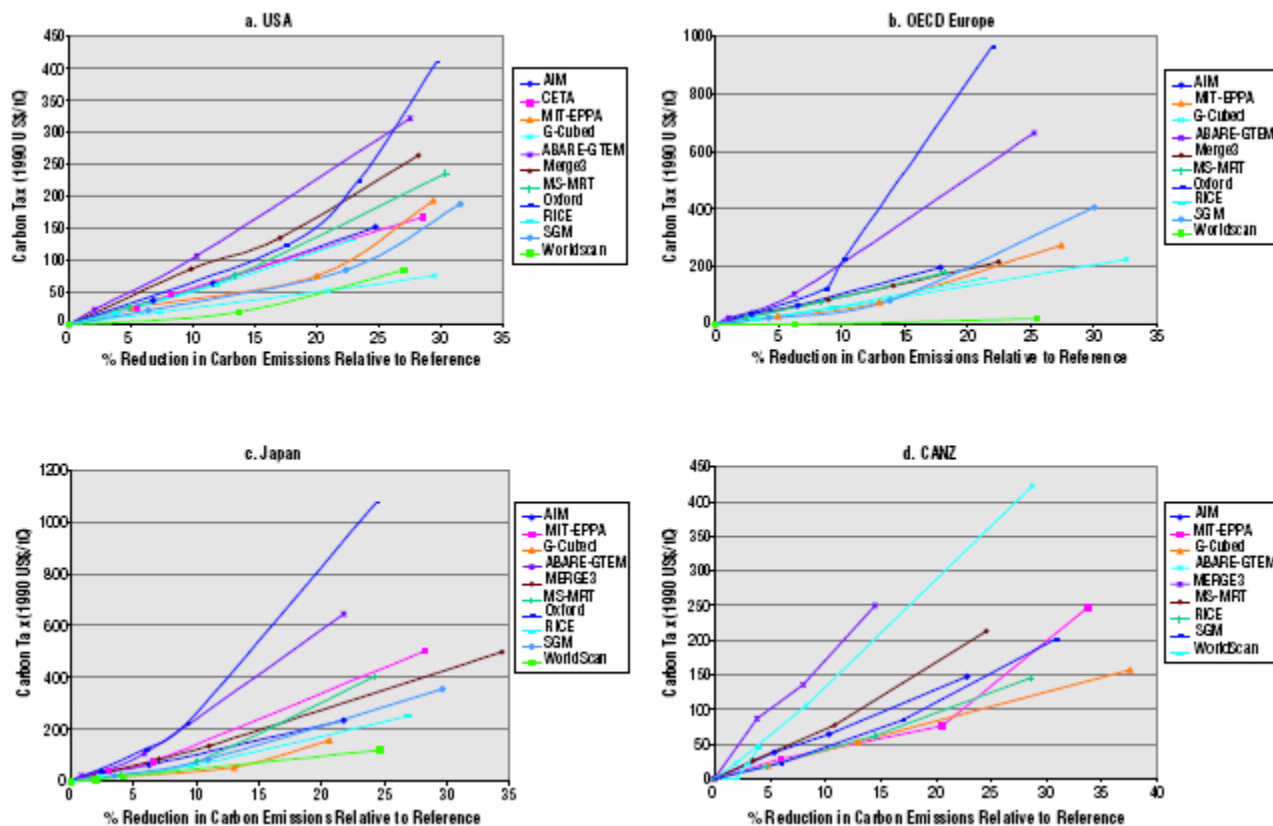


Figura 2.13: Resultados del FME por costos de mitigación a 2010 (fuente: IPCC, 2001b)

Los estudios realizados por el Foro de Modelación de Energía cuyos resultados se exponen en el TIE (ver *figura 2.13*) se basan exclusivamente en modelos de “arriba hacia abajo” (aunque algunos contienen elementos de tecnología de “abajo hacia arriba”) y no incluyen ni las opciones sin pesar ni tampoco la de dividendos dobles. La experiencia ha demostrado que la opción *sin pesar* es real, tal como se demostró en Gran Bretaña y Alemania dónde la conversión de centrales de energía de carbón a centrales de gas combinó una dramática reducción de las emisiones con un ahorro en los costos. Lo mismo puede suceder con las opciones de reciclado del ingreso. Los instrumentos que no afectan e ingreso pueden llevar a ese objetivo, y los instrumentos que aumentan ingresos pueden ir aún más allá, logrando ganancias económicas significativas.

### **2.3. Política Internacional: El Protocolo de Kyoto**

Las principales características del protocolo de Kyoto son, por un lado: objetivos de nivel de emisiones de GEI diferenciados para cada país participante (*del Anexo I*) y por otro lado, mecanismos flexibles que permiten que estos países alcancen sus objetivos por otros medios diferentes a la reducción dentro de sus fronteras: Ya sea mediante la compra de permisos de emisión a otro país del Anexo I, por la compra de Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) a países fuera del Anexo I mediante el Mecanismo para el Desarrollo Limpio (MDL), o mediante la adquisición de Unidades de Reducción de Emisiones (URE) por la colaboración mediante la Implementación Conjunta (IC) con otros países del Anexo I.

(en GtC)	1990	Proyección de la Línea de Base 2012	Kyoto 2012
Anexo I	5.36	5.70 (+6.3%)	5.08 (-5.2%)
Fuera del Anexo I	3.27	6.73 (+106%)	6.73 (+106%)
Total	8.63	12.42 (+44%)	11.8 (+37%)

*Tabla 2.1: Objetivos de Kyoto vs. Línea de Base CPI*

El objetivo global del protocolo de Kyoto para los países del Anexo I es una reducción de 5.2% en las emisiones para 2012, respecto del nivel de 1990, lo que implica un 11,5% de reducción del nivel proyectado para la línea de base (ver tabla 2.1). Como los países que no integran el Anexo I no

toman ningún compromiso, el resultado global del Protocolo de Kyoto es un aumento en las emisiones mundiales de un 37% respecto de los niveles de 1990, y una reducción del 7% del nivel proyectado para la línea de base o "nivel normal de los negocios" (BAU por sus siglas en inglés - business as usual).

El objetivo de Kyoto no fue deducido en base a cuestiones de eficiencia económica. Tal como se ha discutido previamente, los estimados de mitigación económicamente óptimos, realizados mediante el descuento de costos y beneficios futuros, llevan al daño medioambiental. De acuerdo al modelo DICE (Nordhaus 1994), la reducción de emisiones económicamente óptima para 2012 es de alrededor de 8% respecto de la línea de base proyectada (BAU), y de hasta 20% respecto de los niveles de 1990.

#### **2.3.1. Comercio Internacional de Emisiones**

El objetivo del Comercio Internacional de Emisiones (CIE) en el contexto del protocolo de Kyoto, es extender el principio de “equimarginalidad” a todas las naciones participantes (asegurar idéntico costo marginal de mitigación para todos los contaminadores); que constituye la condición para minimizar los costos de mitigación. Sin embargo, se debate acaloradamente si su distribución inicial impacta sobre la eficiencia económica.

El principio de la utilización de permisos de emisión está basado en el teorema de Coase, el cual establece que la eficiencia no depende de la distribución inicial de permisos. Aquí, así como en secciones anteriores, al hablar de eficiencia, nos referimos al óptimo de Pareto, que está relacionado con la maximización de una combinación de utilidades individuales <sup>23</sup>. En el caso de varios países, la utilidad puede considerarse como una suma del bienestar de los países individualmente considerados, por lo que la eficiencia asciende a la maximización de la suma ponderada del bienestar de todos los países.

<sup>23</sup> Este concepto es compatible con el de maximización del excedente: de acuerdo al primer teorema de la economía del bienestar, el equilibrio en los mercados perfectos son eficientes en los términos de Pareto. Este no es un criterio de equidad.

Se ha sostenido que las condiciones del teorema de Coase <sup>24</sup> son demasiado restrictivas como para que se alcancen alguna vez; en especial la condición de la ausencia de ingreso o efecto riqueza cuando los permisos se comercializan entre países con niveles de ingresos muy diferentes, y por lo tanto la distribución inicial de permisos sí tiene relevancia para la eficiencia.

La mera posibilidad de internalizar las emisiones de GEI utilizando el teorema de Coase también ha sido criticada ya que por su naturaleza, el problema del cambio climático, requiere un cambio de paradigma. Enfocándonos en las concentraciones de GEI más que en sus emisiones, puede aseverarse que un nivel bajo constituye un bien público <sup>25</sup>, ya que lo utiliza toda la población, que se produce privadamente, de manera negativa mediante la utilización de combustibles de origen fósil y positivamente mediante la mitigación. Otros ejemplos de bienes públicos son las escuelas o los caminos. En los mercados de bienes públicos, no se llega a la eficiencia en la intersección de las curvas de oferta y demanda, como en el caso de bienes privados; en estos mercados la eficiencia está dada por la condición teórica del equilibrio de Lindahl <sup>26</sup>. En la práctica, esta condición implica que la gente pagará un precio relativo a su predisposición individual al pago, la que dependerá,

<sup>24</sup> Kolstad (2000) lo expresa de la siguiente manera: “Asumamos un mundo en el cual algunos productores o consumidores están sujetos a las externalidades generadas por otros productores o consumidores. Además asumamos (1) todos cuentan con información perfecta, (2) los consumidores y productores son tomadores de precios, (3) hay un sistema judicial gratuito para hacer valer los acuerdos, (4) los productores maximizan su ganancia y los consumidores maximizan su utilidad, (5) no hay efecto ingreso ni efecto riqueza, y (6) no existen costos transaccionales. En este caso la distribución inicial de derechos de propiedad con respecto a las externalidades, no afecta la eficiencia. Si alguna de las mencionadas condiciones no se mantiene, la distribución inicial sí importa.”

<sup>25</sup> Un *bien público* es no-excluyente (no le pertenece a nadie) y no-rival (su consumo por parte de un individuo no reduce el monto disponible del bien para otros).

<sup>26</sup> Esta condición puede resumirse como la igualdad de la *suma* de las valuaciones marginales de los consumidores con los costos marginales:

$$MV_1 + MV_2 + \dots = MC$$

En un equilibrio de Lindahl, cada consumidor paga de acuerdo a su predisposición al pago, con lo cual: 1) la cantidad adecuada del bien público será provisto, y 2) el presupuesto estará equilibrado - el monto recaudado será igual al monto necesario para proveer ((Kolstad, 2000).

entre otros factores subjetivos, como los gustos o preferencias, del ingreso de cada uno. Chichilnisky y Heal (1994) sostuvieron que si todos los criterios subjetivos se consideran iguales “a un nivel de distribución eficiente en los términos de Pareto, la fracción del ingreso que cada país destina a la mitigación de las emisiones de carbón debe ser proporcional al nivel de ingresos de ese país, y la constante de la proporcionalidad aumenta a la par de la eficiencia de la tecnología de mitigación del país”.

Un sistema de permisos comercializables no se adapta a un equilibrio de Lindahl, ya que los mecanismos de arbitraje tienden a igualar los precios, sin importar cuales sean los precios individuales iniciales. Esto explica por qué, ante lo sostenido por algunos economistas respecto de que la autoridad de distribución de permisos tiene libertad de hacerlo de acuerdo a un criterio político, sin por ello afectar la eficiencia (Pezzey, 1992); los países en desarrollo han invocado consideraciones éticas para justificar su fuerte oposición a participar en sistemas de cap-and-trade (*sistema de comercialización de permisos, créditos de países entre sí, asignación cuotas de emisiones y establecimiento de un límite global de emisiones*). Sin embargo, Chichilnisky et al (1993) propusieron que un mercado de permisos puede transformarse en uno de Lindahl mediante una adecuada redistribución de permisos. Esto puede lograrse permitiendo que los países más pobres se excedan de su nivel deseado de emisiones, y que los países ricos deban emitir menos que su objetivo. Es decir, los objetivos de emisión deberían calcularse en función de las tecnologías de mitigación, y luego reducirse para los países más ricos e incrementarse para los más pobres.

La comercialización internacional de emisiones aún no se ha implementado, salvo entre países miembros de la UE, aunque sí se han asignado objetivos de emisión, y distribuido los montos de permisos respectivos de manera implícita. Esta distribución no se basó en la eficiencia económica sino que fue el resultado de intensas negociaciones entre partes, resultando en grandes diferencias. Para un objetivo promedio de -5.2% respecto de los niveles de 1990 entre los países del Anexo I, el objetivo de la UE es de -8%, el de los EEUU de -7%, el de Rusia, Ucrania y Nueva Zelanda: 0%, Noruega +1%, Australia +8, Islandia +10%.... Esto hace que la distribución de permisos haya sido fuertemente criticada. Babiker y Eckaus (2000) hace notar que: “la arbitrariedad en la distribución ha llevado a imponer costos considerablemente diferentes a los diferentes países participantes, que

no tienen ninguna relación con su ingreso o su riqueza".

Lo que más se critica es la atribución de objetivos "excesivamente generosos" a las economías en transición (EET), también conocidos como "aire caliente" (*hot air*). El objetivo combinado de los países de la Ex Unión Soviética y de Europa del Este, asciende a 1.71 GtC, un 22% por encima de su línea de base CPI (1.41 GtC). La condición de la eficiencia de Pareto, requiere para su cumplimiento, que las EET reciban más permisos que los países de la OCDE, de acuerdo a la diferencia de ingresos entre ambos países; lo que resultará en un gasto total *proporcional* a su ingreso, pero no negativo. Asignar un número de permisos por encima de la línea de base resulta por lo tanto ineficiente.

### 2.3.2. MDL e IC

Mecanismos proyectuales permiten que los países del Anexo I compensen sus niveles de carbón para alcanzar sus objetivos de reducción de las emisiones a cambio de inversiones en proyectos de mitigación en el extranjero, ya sea en países incluidos o no en el Anexo I, donde los costos de dichas inversiones resultan más bajos. El balance medioambiental de los mecanismos proyectuales es neutro, dado que el mismo monto de mitigación se llevaría a cabo con o sin ellos. Los costos totales se reducen ya que se obtiene una mitigación más barata. Pero estos mecanismos, ¿aumentan la eficiencia de Pareto?

El efecto del Mecanismo para el Desarrollo Limpio puede compararse con un sistema de permisos que incluye tanto a países desarrollados como a países en desarrollo, con un objetivo de -5.2% para países del Anexo I, +108% para países fuera del Anexo I (es decir su línea de base), y un objetivo global de +37.7. En vez de vender permisos provenientes de la mitigación local alcanzada, los países en vías de desarrollo reciben inversiones extranjeras que representan un flujo de caja similar. La asimetría entre objetivos es de alguna manera compatible con la condición de eficiencia de Pareto de la distribución de permisos. Sin embargo, el gasto resultante para los países en desarrollo es cero, mientras que la eficiencia de Pareto requiere gastos proporcionales a su ingreso. Los objetivos de eficiencia para los países en desarrollo deberían estar por debajo de su línea de base.

## 2.4. Conclusión

La incertidumbre provoca la sobreestimación de los costos de mitigación y la subestimación de sus beneficios. Los modelos de arriba hacia abajo no tienen en cuenta a la opción "sin pesar", los modelos de abajo hacia arriba no consideran con frecuencia las opciones renovables, y cuando lo hacen, su rol se reduce a un margen conservador. Parte de la irrelevancia de los análisis costo-beneficio proviene de su representación insuficiente del mundo real (como por ejemplo, costos ajenos al mercado, cambios en el comportamiento del consumidor, cambios no empíricos en las tasas de la intensidad de carbón de las economías, en un contexto en que el carbón se encuentra en retirada.) Otra de las razones es el descuento de los futuros costos del daño, lo que lleva a una reducción sistemática de la amenaza medioambiental en los modelos económicos. Por último, ninguno de los modelos económicos presentados en el Foro de Modelación de Energía para el IPCC, consideran al peor de los escenarios, esto es, cuando las funciones de daño tienen forma de "palo de hockey", en vez de un comportamiento lineal o polinomial.

Como consecuencia, la preocupación respecto de la eficiencia económica no puede ser el único impulsor de la acción climática. O mejor dicho, las herramientas actuales de estimación de la eficiencia económica no pueden medir el valor social de la mitigación del cambio climático. Esta confusión económica puede tener dos consecuencias. La primera es un efecto "sorpresa": el desarrollo de los eventos futuros puede llevar a revisiones de los modelos económicos y sus costos de mitigación estimados por un lado y de sus beneficios por el otro, posiblemente desencadenando acciones climáticas económicamente impulsadas. La segunda consecuencia posible es el fracaso de los enfoques macroeconómicos y el viraje del proceso de toma de decisiones hacia una negociación entre una multitud de grupos con intereses divergentes.

### 3. De la Política Económica a la Economía Política

El Capítulo 1 presentó los diferentes escenarios de línea de base propuestos por el IPCC, y los escenarios de estabilización que deberían perseguirse para mantener la temperatura promedio del planeta en menos de 2°C por encima de los niveles preindustriales y evitar el daño incontrolable por el cambio climático. La investigación científica actual muestra que si se estabiliza la concentración de GEI en la atmósfera en un nivel de 450ppm, es factible que se consiga el objetivo de 2°C con una probabilidad de entre 32 y 67%; si se estabiliza la concentración en 550 ppm se conseguiría con una probabilidad de entre un 10 y un 32%. Aunque seguir la trayectoria de estabilización de 450 ppm sería más seguro para el medioambiente que la trayectoria de 550 ppm, una estrategia de cobertura consiste en seguir una trayectoria intermedia hasta el 2020, con la posibilidad de elegir en esa fecha si se continúa con uno u otro sendero de estabilización. Tal estrategia requeriría que las emisiones de GEI alcancen su cima en 2020, y que luego desciendan a un nivel de 4 o 6,5 giga toneladas por año, dependiendo de la trayectoria elegida. El escenario de las 550 ppm implicaría que las emisiones se encuentren por debajo de los niveles de 1990 en un 25%, y en un 70% por debajo del nivel “normal de los negocios” o BAU al final de este siglo (ver *figura 3.1*).

El Capítulo 2 mostró que los mecanismos del mercado por sí solos no pueden responder satisfactoriamente al problema del cambio climático. La ausencia de incentivos económicos podría explicar por qué no se había tomado ninguna medida antes del acuerdo del Protocolo de Kyoto, y por qué los países que no adoptan objetivos para sus niveles de emisiones, no las reducen. Sin embargo, las medidas energéticas internacionales puede que no sean el único camino posible para mitigar el cambio climático. Al crear múltiples intereses divergentes, las políticas de mitigación del cambio climático pueden disparar un sinnúmero de comportamientos de los diferentes agentes, motivados por cuestiones interrelacionadas, tanto económicas como no-económicas.

Ya sea a niveles nacionales como internacionales, las políticas climáticas han sido siempre materia de

intensas negociaciones, en las cuales las partes involucradas no siempre adoptan una actitud cooperativa. No debería sorprender entonces que el resultado de estas negociaciones no sea una fiel expresión del interés común, tanto a nivel nacional como internacional, sino que más bien represente, aunque sea parcialmente, el poder de negociación de las partes. Las políticas entonces, interactúan con este sistema de agentes, algunos de ellos aplican sus fuerzas en la misma dirección que la política, y otros en la dirección contraria. El efecto resultante de la política puede estar “apalancado” por el sistema, resultando en un costo menor y un efecto mayor, o puede ser resistido por el sistema. El objetivo de este capítulo es identificar el factor de apalancamiento o de resistencia existente entre una política y su resultado, para llegar a una estimación más adecuada de los costos de mitigación.

Las negociaciones se desarrollan a diferentes niveles: la mayoría obviamente, entre las naciones, en el contexto de negociaciones internacionales, pero también entre gobiernos nacionales y los sectores de la economía, o entre la sociedad civil y los gobiernos o las empresas. Este capítulo engloba los procesos de negociación que entran en competencia en tres niveles diferentes: multilateral, local y global para así elaborar un modelo integral del proceso de toma de decisiones. Esto ayudará a identificar los factores de apalancamiento o resistencia en cada uno de estos tres niveles.

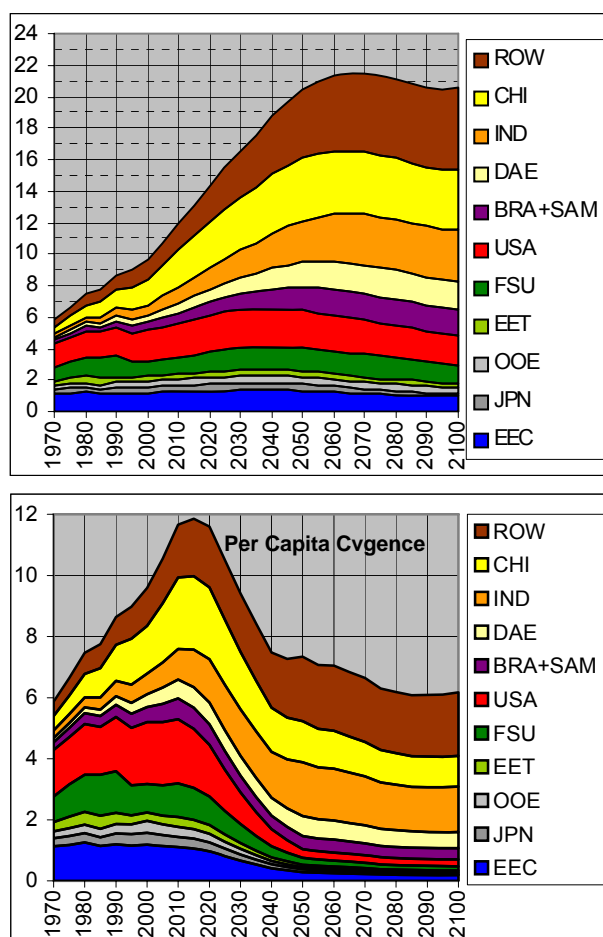


Figura 3.1: (arriba) emisiones proyectadas de la línea de base CPI para las regiones del mundo vs. (abajo) escenario de estabilización de 550 ppm en GtC/año (Fuente: RIVM)

### 3.1. El Juego Multilateral

El Protocolo de Kyoto, firmado en 1997 por 188 países, fue un primer paso hacia la estabilización de las concentraciones de GEI, al obligar a 38 países desarrollados y economías en transición (EET) a reducir sus emisiones en un 5,2% en promedio para el año 2012, respecto de los niveles de 1990. Luego de haber firmado, algunos países pidieron, y obtuvieron, cambios en el año tomado como base para sus objetivos. La retirada de los EEUU, seguida del acuerdo de los sumideros de carbono de Marrakech en 2001, ha llevado este objetivo global hasta un incremento real de las emisiones de los países del Anexo I del 5,6% para el año 2012. En 2004, los EEUU anunciaron en Buenos Aires, bajo presión internacional, un compromiso, distante de su objetivo de Kyoto, de rebajar solo 4% respecto del nivel normal de los

negocios (BAU), lo que significa que las emisiones globales de los países del Anexo I aumentarán en un 4% para el año 2012.

Esta sección se propone identificar los mecanismos de negociación entre gobiernos que pueden influenciar el resultado de una política climática. Al excluir las fuerzas domésticas o transnacionales se llega a considerar a los gobiernos como entidades atomizadas que se comportan racionalmente. Siguiendo la declaración del Tercer Informe de Evaluación del IPCC que dice que “para entender cuál será el régimen internacional que más probablemente emergerá para controlar las emisiones de GEI, la teoría de los juegos es sin duda la mejor herramienta” (Toth y Mwandosya, 2001, p. 621), esta sección se referirá con frecuencia a este marco conceptual. Otra ventaja de la teoría de los juegos es que puede tomar en cuenta información económica cuantitativa, y así puede relacionarse fácilmente con las consideraciones del capítulo anterior. Dado que los análisis económicos no logran calcular un óptimo social realista en lo que se refiere a las emisiones de carbono, la teoría de los juegos a veces utiliza los resultados económicos en términos relativos y no absolutos. Por ejemplo, los escenarios se evalúan por el porcentaje de mitigación al que llevan, comparándolo con las emisiones socialmente óptimas halladas por los modelos económicos. Esta es la convención que se utilizará en esta sección.

#### 3.1.1. La tragedia de los bienes de propiedad común

Durante las negociaciones, se ha invocado con frecuencia, notablemente por Rusia y EEUU, la prioridad de los intereses nacionales por encima del medioambiente mundial. A la inversa, las partes que defienden el medioambiente global por sobre todo, generalmente cuentan con intereses nacionales que coinciden con esta postura. El hecho de que los países en desarrollo no formaron parte del acuerdo fue otra de las excusas invocadas por EEUU y Australia para retirarse del mismo. Los países en desarrollo rechazaron cualquier tipo de compromiso mientras los EEUU no estuvieran involucrados. Este tipo de argumento se presenta con frecuencia al tratar problemas de administración de bienes comunes, donde el interés común se opone a los incentivos del comportamiento oportunista o “free-riding” (vivir a cuestras).

Los acuerdos internacionales sobre el medio ambiente han sido descriptos por los teóricos de la teoría de juegos como un ejemplo del *dilema del*

*prisionero*<sup>27</sup> que la teoría de juegos representa típicamente con una *matriz de pagos*<sup>28</sup> del tipo que se muestra en la *tabla 3.1*. Como sucede en el dilema del prisionero, un país sufre más por actuar solo (haciendo que sus industrias sean menos competitivas, por ejemplo) que por no hacer nada. En la matriz, los pagos de las estrategias de “mitigación” y de “no mitigación” (M y NM) para los países 1 y 2, dependen de las elecciones del otro. La mitigación paga 1 si el otro coopera, pero -2 si el otro no lo hace. El resultado es que la estrategia de “no mitigación” *domina*<sup>29</sup> a la de “mitigación”, y por lo tanto ambos deciden no reducir sus emisiones.

	M <sub>2</sub>	NM <sub>2</sub>
M <sub>1</sub>	p <sub>1</sub> = 1 p <sub>2</sub> = 1	p <sub>1</sub> = -2 p <sub>2</sub> = 2
NM <sub>1</sub>	p <sub>1</sub> = 2 p <sub>2</sub> = -2	p <sub>1</sub> = -1 p <sub>2</sub> = -1

*Tabla 3.1: el dilema del prisionero*

El resultado del juego tiene muchas posibilidades de coincidir con una situación de *equilibrio* es decir, cuando ninguno de los jugadores tiene incentivo de jugar de manera diferente<sup>30</sup>. Queda claro, en el ejemplo anterior, que la situación de cooperación dónde ambos países deciden mitigar sus emisiones

<sup>27</sup> La historia detrás del juego del dilema del prisionero es que dos personas quedan arrestadas por un crimen. La policía le dice a cada uno que si testifica en contra del otro, él recibirá una recompensa, y el otro quedará preso. El resultado del juego es que, en vez de cooperar entre sí, (es decir no testificar en contra del otro), ambos deciden testificar. Ambos reciben la recompensa pero van a la cárcel también. Para un enfoque integral de la teoría de juegos y sus conceptos y definiciones ver Fudenberg y Tirole (1991).

<sup>28</sup> La *matriz de pagos* de un juego de dos jugadores, es una tabla que representa las estrategias de uno de los jugadores en sus filas, y las del otro en sus columnas. Cada celda contiene el pago a ambos jugadores correspondiente a las dos estrategias.

<sup>29</sup> La estrategia NM<sub>1</sub> *domina* a la estrategia M<sub>1</sub> si, sin importar cómo decida jugar el oponente, NM<sub>1</sub> dará a 1 un pago igual o mejor que M<sub>1</sub>. En la figura 4.1, las *estrategias dominadas* M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub> están sombreadas, lo que significa que probablemente nunca se utilizarán.

<sup>30</sup> En este ejemplo, el juego solo tiene una etapa: los jugadores juegan solo una vez, simultáneamente. Un equilibrio en un juego de una etapa es un equilibrio de Nash (no es necesariamente único). Otros equilibrios pueden obtenerse al considerar un juego como una sucesión de movidas, repetidas finita o infinitamente.

no es una situación de equilibrio, y por lo tanto no es probable que surja cómo resultado del juego.

Puede objetarse que en la vida real las naciones no se comportan sistemáticamente de manera tan egoísta como el dilema del prisionero. Si un acuerdo común mejora el bienestar de todos (yendo de (NM<sub>1</sub>, NM<sub>2</sub>) a (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>)), esto debería ser buena razón suficiente para firmarlo. Sin embargo, la teoría de juegos ayuda a descubrir cuán *estable* el acuerdo es, al mostrar la existencia de incentivos, tanto para permanecer en un comportamiento oportunista como para desviarse de un acuerdo hacia una situación de comportamiento oportunista o “free-ride”. Ambos tipos de incentivos oportunistas ya aparecen en las negociaciones climáticas: la desviación tuvo lugar entre algunos países que desertaron el Protocolo de Kyoto, y los países fuera del acuerdo se resisten a entrar.

### 3.1.2. Falta de Cooperación

El peor escenario posible sería el de no obtener cooperación alguna. Esa es la configuración de la teoría realista de las relaciones internacionales, en la cual cada país solo apunta a defender sus propios intereses. Aunque puede sonar algo cínica, esta teoría se encuentra entre las dominantes, y al menos cuenta con el mérito de proporcionar una solución para el peor de los escenarios. También asume que se prefiere el poder relativo al poder absoluto.

La *teoría de los juegos sin cooperación* propone que la ausencia de acuerdos internacionales lleva a un *equilibrio de Nash*, es decir a una situación donde cada estrategia es la mejor respuesta a la estrategia de los otros jugadores. Si el país A detenta el 25 % de un total, y A reduce sus emisiones en R%, las emisiones globales se reducirán en 0.25xR%. El beneficio que obtiene A de su propia mitigación es solamente el 25% de lo que obtendría si todos los países redujeran en el mismo monto, ya que las emisiones reducidas se diluyen en la atmósfera en la cual el restante 75% no ha sido mitigado. La mejor respuesta de A es entonces mitigar por R% siempre y cuando el costo de mitigar sea menor al beneficio de las emisiones reducidas en 0.25R%. En un equilibrio de Nash, el costo marginal de mitigación no es igual al beneficio marginal de mitigación, sino a una fracción de él, que representa la participación de un país en las emisiones.

El resultado es que, aún sin cooperación, los gobiernos tienden a reducir sus emisiones, aunque considerablemente menos que si existiera una acción coordinada (Finus, 2002). Algunas simulaciones

realizadas por Finus et al (2003) utilizando el modelo DICE, demostraron que el equilibrio de Nash alcanza el 21,5% del objetivo socialmente óptimo<sup>31</sup>, con la mayor de las reducciones llevada a cabo por EEUU y China, cosa que no sorprende, considerando su gran participación en el total de las emisiones globales.

### 3.1.3. Cooperación Completa

A la inversa del supuesto pesimista de la no-cooperación, existe un opción en la que todos los agentes participan en un único acuerdo internacional, y alcanzan el óptimo social.

#### 3.1.3.1. Transferencias

En el juego climático, no solamente el acatamiento internacional es una situación inestable, sino que también el pago o los beneficios por dicho acatamiento internacional también se encuentran compartidos de manera desigual. Para algunos países la paga puede ser positiva, mientras que para otros puede ser negativa, tal como lo muestra la celda ( $M_1$ ,  $M_2$ ) de la matriz de la *tabla 3.2*. Los exportadores de combustibles fósiles, por ejemplo, podrían encontrarse con que la reducción de las emisiones de GEI los dejaría en una peor posición *de todas maneras*, siempre que el valor de sus exportaciones sea mayor que el costo del impacto del clima sobre sus economías. Por lo tanto es poco probable que opten por una estrategia de cooperación.

	$M_2$	$NM_2$
$M_1$	$p_1= 4$ $p_2= -2$	$p_1= -2$ $p_2= -1$
$NM_1$	$p_1= 2$ $p_2= -1$	$p_1= -1$ $p_2= 1$

*Tabla 3.2: pagos desiguales*

Un esquema de transferencias puede resolver el problema de los pagos desiguales. Los países con los pagos o beneficios más altos, ‘compensarían’ a aquellos con pagos o beneficios negativos, para que todos los países obtengan un beneficio positivo. Sin embargo, el equilibrar los beneficios no asegura la estabilidad de un acuerdo internacional mientras los beneficios individuales de los

oportunistas sigan siendo mayores que los beneficios alcanzados mediante la acción concertada. De hecho, se ha comprobado que la única manera de llevar los beneficios del oportunismo por debajo de los de la cooperación, es mediante la asignación de un objetivo de mitigación cercano al de las estrategias de mitigación del equilibrio de Nash (Toth y Mwandosya, 2001). Dicho de otro modo, la *gran coalición*, o sea la coalición que incluye a todos los países, solo es estable cuando es virtualmente ineficaz.

#### 3.1.3.2. Vinculación con otros Temas

La inestabilidad de la gran coalición es producto de la diferencia negativa que existe entre los beneficios de la cooperación y los del oportunismo. La vinculación de la política climática con otras cuestiones, para reducir la brecha entre ambos, puede ya sea aumentar los beneficios de la cooperación como también reducir los beneficios del oportunismo. La teoría detrás de esto es que dos juegos pueden fusionarse en uno mediante la suma de los beneficios de cada combinación posible de estrategias. Aunque la matriz fusionada de pagos de dos juegos no muestra la estabilidad combinada del juego (en efecto, la matriz de pagos resultante muestra fuertes incentivos de desviación en *ambos* asuntos), al considerar al juego de una manera dinámica (jugándolo repetidamente, usando la vinculación de temas de una manera de castigo/amenaza), el equilibrio todavía puede alcanzarse<sup>32</sup>.

Una condición necesaria para la estabilidad es que la amenaza introducida por el asunto vinculado sea “creíble” tanto para quien castiga como para el castigado, lo que implica que sus beneficios sean positivos para el primero y negativos para el segundo.

Se han propuesto temas para vincular a las negociaciones relacionadas con el clima tales como: liberalización del comercio, transferencias, cooperación en I & D y deuda internacional. La incorporación de amenazas por el no cumplimiento en los tratados internacionales, de ser creíbles, pueden resolver el incentivo a la desviación, pero incrementarían el incentivo al oportunismo entre los países que no tienen obligaciones, y así reducirían las posibilidades de que estos países se unan a la coalición. Más aún, no puede lograrse la inclusión en

<sup>31</sup> El modelo calculó una reducción de 4,6%, comparada con el 21,4% del óptimo social. Los resultados aquí han sido “normalizados”, es decir se han comparado al óptimo social del modelo.

<sup>32</sup> El *Equilibrio a prueba de renegociación* (EPR) aparece en la teoría como una serie alternada de estrategias de conformidad/no-conformidad, lo que no es un resultado demasiado satisfactorio (Finus, 2001).



la coalición de los países que no acordaron el Protocolo de Kyoto, mediante "amenazas a la no participación" del tratado climático, dado que los países en cuestión, como parte de la CMNUCC (y además muchísimo más numerosos), tienen el poder de rechazar tales propuestas.

Ha habido un número de propuestas para aplicar amenazas al margen de los tratados climáticos, tales como la aplicación de impuestos unilaterales al carbón sobre las importaciones provenientes de países que no adhirieron a Kyoto. Tales amenazas pueden estar prohibidas por la ley internacional y por ende llevar a la confrontación. El Parlamento Europeo, por ejemplo, ha declarado que la UE debería lanzar una iniciativa en la OMC para evitar que los países que no son miembros obtengan ventajas competitivas injustas. Sin embargo, la jurisprudencia existente de la OMC, hace que sea bastante difícil para un país imponer restricciones al comercio contra ciertos bienes, basándose en razones tales como que esos bienes se producen de una manera que daña el medio ambiente. El GATT generalmente permite que los países apliquen un impuesto doméstico para efectuar ajustes impositivos de frontera, pero tal ajuste debería aplicarse de manera no discriminatoria a todos los países que no aplican impuestos similares (Bodansky, 2002). Esto no dejaría otra opción que la implementación doméstica del convenio mediante un impuesto interno uniforme sobre el carbón, aplicado por las partes.

Sin embargo, confrontar la ley internacional no es imposible, ya que existen muchos ejemplos en la historia de violaciones a tratados que quedaron sin castigo. De acuerdo con la teoría neo-realista, las instituciones internacionales sólo pueden ser efectivas si reflejan la distribución mundial del poder, lo que implica que una coalición formada por los países más poderosos podría imponer su política sobre el resto del mundo, sin importar los tratados actuales (Mearsheimer, 1995). Sin embargo, dado que el poder (económico y militar) de las naciones que actualmente son "activistas climáticas" no supera al de las naciones "recalcitrantes", queda poca esperanza de que las instituciones sean reformadas o ignoradas.

#### 3.1.4. Cooperación Parcial

Teniendo en cuenta la dificultad de conseguir la cooperación internacional, y existiendo por otro lado la imposibilidad de encarar el cambio climático sin ella, se puede buscar una solución intermedia mediante una coalición parcial. Esta sección

describe el proceso teórico de formación de una coalición, y tiene en cuenta algunas especificidades económicas inherentes a la problemática del cambio climático, que impactan tanto sobre la estabilidad, como también sobre la eficacia medioambiental del proceso.

##### 3.1.4.1. Coaliciones Optimas

Las coaliciones se forman generalmente cuando varios países pueden mejorar sus beneficios por el hecho de pertenecer a una de ellas. Si la coalición beneficia solamente a alguno de sus miembros pero aumenta el bienestar global, también es posible organizar algunas transferencias para que cada miembro se beneficie de la coalición, de la misma manera que si fuera una gran coalición.

En este contexto, la teoría de los juegos denomina *núcleo*, a la situación en la que la formación de las coaliciones posibles da a los miembros mayor bienestar que cualquier otra posible. Se presume que los países que no son miembros de la coalición eligen su estrategia de acuerdo con el comportamiento de Nash (Finus, 2001), es decir, maximizando sus pagos de manera no-cooperativa, llegando a un *equilibrio de Nash de acuerdo parcial*<sup>33</sup>. Una coalición es estable si no existen incentivos para que sus miembros formen otra coalición, lo que significa que una coalición estable debe estar en su núcleo.

Tal como se discutió previamente en este capítulo, una coalición puede extenderse por medio de transferencias de riqueza. Existen muchos esquemas de transferencias que han sido estudiados de acuerdo con diferentes estrategias. Dado que el capítulo 2 explicó cómo la distribución inicial de permisos entre países podría llevar a una eficiencia de Pareto, es interesante observar el efecto que dicha distribución tendría sobre el proceso de formación de la coalición. En un artículo reciente, Kim (2004) calculó que un esquema de distribución eficiente en los términos de Pareto, puede llevar a una coalición estable formada por la UE, los EEUU, China e India, que cubriría el 60% de las emisiones mundiales de GEI. Sin embargo, otros esquemas pueden conducir a coaliciones aún más amplias: Kim

<sup>33</sup> La elección de estrategias por parte de los países que no son miembros impacta sobre el núcleo. Por tal motivo, el comportamiento asumido por los países no miembros lleva a obtener un núcleo específico, llamado núcleo- $\tilde{a}$ . Otros dos presupuestos usuales de las estrategias de los países no miembros (llamadas  $\hat{a}$  y  $\hat{a}$ ) llevan a obtener otros núcleos (llamados núcleo- $\hat{a}$  y núcleo- $\hat{a}$ ), pero no resultan creíbles ya que castigan a sus autores (Finus, 2001).

descubrió que un esquema de transferencias utilizando el *valor de Shapley*<sup>34</sup> podía conducir a una coalición que cubriría el 83% de las emisiones mundiales.

Un resultado recurrente es que el agrandamiento de las coaliciones lleva a enfoques de denominadores comunes menores en términos del compromiso con el medio ambiente, y por lo tanto la coalición más amplia resultaría en una reducción de solamente 30% de las emisiones, apenas mayor a la que se obtendría sin cooperación alguna. Cuando la eficacia medioambiental se mide por las emisiones globales, el acuerdo óptimo puede que no involucre al mayor número de países signatarios: las coaliciones que consiguen los niveles más bajos de emisiones globales involucran generalmente a EEUU, Europa o Japón, y China (Carbone y Rutherford, 2003).

#### 3.1.4.2. Las Limitaciones de los Esquemas de Transferencias

En el diseño actual del Protocolo de Kyoto no se ha establecido ningún esquema de transferencias. Sin embargo, las asimetrías entre los niveles de emisión objetivo pueden considerarse una forma de transferencia por el comercio de permisos al que pueden inducir, mediante los mecanismos flexibles del Protocolo.

Teniendo en cuenta que estos mecanismos fueron diseñados en 1997, la idea de un esquema de comercialización libre de las emisiones de carbono ha sido recibida con un escepticismo creciente. Las primeras críticas fueron contra el mismo principio de comerciar permisos, y se basaban en la necesaria contradicción entre la eficiencia de un esquema tal, y el desequilibrio comercial que provocaría automáticamente. Si las diferencias entre los costos de mitigación de los diferentes países son pequeñas, la comercialización internacional de permisos no aumentará demasiado la eficacia en costos. A la inversa, si las diferencias son importantes, la eficacia en costos requiere grandes transferencias de riqueza entre los países mediante la comercialización de permisos. Muchos economistas piensan que esto no es muy probable que suceda (McKibbin y Wilcoxon, 2002; Oxley y Macmillan, 2004). Tal como argumentan McKibbin y Wilcoxon (2002), "un tratado cono grandes exigencias a la soberanía nacional o que requiere

grandes transferencias de riqueza de una parte del mundo hacia otra, es poco probable que sea ratificado o, si se ratifica, es probable que tarde o temprano se rechace. No existe ningún organismo internacional que pueda coaccionar a los países a aceptar un tratado de cambio climático que encuentren inconsistente con sus intereses nacionales."

Otras críticas se relacionan con la posibilidad de la implementación de un mercado de las emisiones de carbono libre, considerando la desconfianza que los mercados financieros le tienen a las líneas de base de ciertos países, a los cálculos de los costos de mitigación, a los registros, y la falta de una política de ejecución en el caso de no cumplimiento. Cualquier incertidumbre en estas cuestiones resultaría en dificultades en los precios del carbón, y en inestabilidad del mercado. A lo sumo, puede lograrse cierta confianza entre algunos países de la OCDE.

Por lo tanto, aunque en teoría un mercado de carbón libre pueda aumentar la eficiencia económica o del medio ambiente, resulta poco probable que en la práctica pueda cumplir con estos propósitos. Lo más probable es que un mercado libre sea restringido por la preocupación de evitar transferencias de riquezas entre países, o que el mercado permanezca controlado por los gobiernos y sirviendo solamente a los propósitos políticos. En lo que respecta a grandes transferencias desde EET hacia países de la OCDE con objetivos de Kyoto vigentes, esto tiene más probabilidades de ocurrir durante el primer período de compromiso del Protocolo. En vez de comprar permisos de emisión a su precio mínimo, Europa, por ejemplo puede optar por proyectos de MDL para involucrar a países en desarrollo, o IC para asegurarse inversiones en Rusia; Japón puede tener una reticencia histórica a comprar permisos a Rusia, y Canadá puede enfrentar la oposición popular al enfoque de menor-costos de comprar "aire caliente" en vez de tomar medidas concretas para tratar de resolver el cambio climático (Grubb, 2003a).

#### 3.1.5. La Coalición de Kyoto: Estabilidad y Extensión

De acuerdo con las simulaciones realizadas por Finus (2003), una coalición de Kyoto que incluyera a los EEUU alcanzaría el 41,6% del objetivo socialmente óptimo. La última columna de la *tabla 3.3* muestra los incentivos para cambiar la estrategia de membresía desde afuera y adentro de la coalición. Los valores positivos para los países miembros significan un incentivo a cambiar estrategias, muestran claramente que la coalición no es estable, es decir no se encuentra en su núcleo:

<sup>34</sup> El valor de Shapley consiste en transferir a cada nuevo integrante el monto exacto de bienestar que están agregando a la coalición con su ingreso.

tan solo Japón y la UE tienen incentivos para quedarse dentro de la misma.

Regions	Total emission reduction	Annual emission reduction	Total abatement costs	Total benefits from abatement	Benefits minus abatement costs	Marginal abatement costs	Marginal benefits	Incentive to change membership strategy
	Gton (over 100 years)	percentage of emissions in 2010	bin US\$ over 100 years	bin US\$ over 100 years	bin US\$ over 100 years	US\$/ton	US\$/ton	bin US\$ over 100 years
USA	32	13.4	332	906	574	28.0	8.5	65.3
JPN	3	5.2	32	691	653	28.0	6.5	-48.9
EEC	14	9.7	147	645	798	28.0	6.8	-52.8
OOE	9	14.3	83	138	55	28.0	1.3	70.5
EET	9	18.9	85	52	-33	28.0	0.5	80.3
FSU	17	18.7	167	270	113	28.0	2.5	114.6
EEX	1	0.7	0	120	120	1.1	1.1	-113.5
CHN	15	8.6	16	248	232	2.3	2.3	-794.9
IND	3	5.3	3	200	197	1.9	1.9	-172.7
DAE	1	1.3	0	100	99	0.9	0.9	-93.9
BRA	0	0.1	0	61	61	0.6	0.6	-6.5
ROW	4	5.3	4	272	268	2.5	2.5	-137.8
World	107	8.9	885	4,005	3,140			

Global stock of carbon dioxide by 2110 = 1,539 Gton

*Tabla 3.3: Estabilidad de la Coalición de Kyoto, incluyendo a los EEUU, considerando al mundo dividido en 12 regiones*<sup>35</sup> (Finus 2003).

### 3.1.5.1. Ventaja Comparativa y Fugas de Carbono

La limitación al carbón impuesta por el Protocolo de Kyoto sobre las economías del Anexo I, ha empezado a preocupar respecto de posibles pérdidas de competitividad en relación con las economías fuera del Anexo I, con la consiguiente huida de las empresas hacia regiones sin regulaciones, lo que resulta en una pérdida del efecto medioambiental, o *fuga de carbono*.

Muchos sectores de la economía no están preocupados por este problema, ya sea por que la participación de la energía en sus costos totales es insignificante, en el caso de servicios por ejemplo, o por que no pueden mudarse lejos de sus mercados; como los sectores de la energía, la agricultura, los desechos, o el transporte. La única fuga de carbono posible podría suceder en el sector industrial. La industria es responsable del 18% de las emisiones de GEI en los países de la OCDE; directamente, mediante el uso de combustibles fósiles (14%) e indirectamente, mediante el uso de electricidad producida con combustibles fósiles (4%), con lo cual los costos de mitigación afectarían al sector en ambos sentidos.

La IEA ha analizado el impacto que tendrían las reducciones de GEI de hasta un 10%, respecto de los niveles de 1990, en el sector industrial europeo.

<sup>35</sup> EEUU (USA), Japón (JPN), Unión Europea (EEC), otros países de la OCDE (OOE), Países de Europa del Este (EET), ex Unión Soviética (FSU), Países exportadores de energía (EEX), China (CHN), India (IND), economías dinámicas de Asia (DAE), Brasil (BRA) y "resto del mundo" (ROW).

(Reinaud, 2004). Solamente la producción del acero, el cemento, el papel prensa y el aluminio soportarían un impacto significativo (tabla 3.4). Excepto en el caso del aluminio, el mudar la producción al exterior e importar los productos, resultaría más caro, ya que las ganancias serían absorbidas por los costos extranjeros. Las fugas de carbono entonces, no serían una amenaza seria para la gran mayoría de los sectores industriales.

Por lo tanto, el efecto de la mitigación sobre la ventaja comparativa no resulta significativo a nivel nacional. Sin embargo, medidas compensadoras, tales como subsidios a las exportaciones, podrían ser necesarias para prevenir que algunas exportaciones locales pierdan mercado en el exterior, en un pequeño grupo de sectores. Tales subsidios podrían disparar disputas comerciales entre los países de Kyoto y el resto del mundo, aunque podrían ser más fácilmente aceptadas por la OMC que las barreras comerciales.

Escenario / Sector	Steel (Basic Oxygen Furnace)	Steel (Electric Arc Furnace)	Cement	Newsprint	Aluminium
2% allowance needs	0.7%	0.8%	1.9%	1.1%	2.4%
10% allowance needs	1.3%	0.9%	3.4%	1.6%	2.4%

*Tabla 3.4: Aumentos de costos en la industria para un precio de la franquicia de €10/tCO<sub>2</sub> (fuente: Reinaud, 2004)*

### 3.1.5.2. Comercio Exterior

El efecto de las políticas de mitigación sobre el comercio internacional de combustibles fósiles se distribuye de manera desigual. La tabla de la figura 3.2 muestra el impacto que una reducción en la demanda de petróleo, carbón y gas, correspondiente al acuerdo Kyoto-Marrakech, tendría sobre el comercio de combustibles, utilizando los precios de combustibles fósiles del "escenario estándar" de la IEA. No resulta sorprendente comprobar que los importadores de combustible fósil ganan al comprar menor cantidad, mientras que los exportadores pierden por el descenso de la demanda, pero en magnitudes muy diferentes respecto de los PBI. Mientras que la UE o los EEUU ganarían solamente una fracción de entre 0,2 y 0,3 % de sus Productos Brutos, Rusia y el Oriente Medio perderían más de un 6% cada uno.

Sin embargo, las perspectivas del comercio de permisos le dieron a Rusia algunas buenas razones para ratificar el tratado: el hecho de no ratificarlo no le aseguraba que algún tipo de restricción a la demanda de combustibles fósiles no aparecería de todas maneras, mientras que el marco de Kyoto le da a Rusia medios para compensar en gran medida sus

pérdidas en el comercio de combustibles (*ver figura 3.3*). Más aún, los beneficios de la comercialización de permisos serían mucho más altos si los EEUU se uniera a la coalición de Kyoto antes de 2012. Pero si el Protocolo de Kyoto fuera a continuar más allá de 2012, como es probable que el tema del “aire caliente” (hot air) desaparezca, existen grandes probabilidades de que Rusia salga de la coalición.

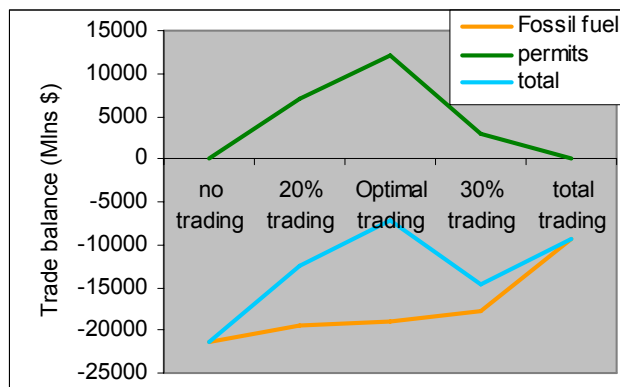


Figura 3.3: Impactos del “aire caliente” y el comercio de combustibles fósiles en la balanza comercial de Rusia en 2010 <sup>36</sup>

### 3.1.5.3. Estrategia Industrial

Además de reducir la demanda internacional de combustibles fósiles, la acción climática probablemente aumentará la demanda internacional de tecnologías de mitigación. Los países que tengan una ventaja comparativa en el sector de la mitigación (ya sea en tecnología, servicios o recursos) deberían convertirse, cada vez más, en activos participantes de los procesos de negociación internacional para obtener nuevas oportunidades de negocio. Esto les otorga a los países miembros del tratado un fuerte incentivo para permanecer en él. Es el caso de Dinamarca por ejemplo, por su posición dominante en el mercado de la energía eólica, o Japón, con su tecnología de motores para automóviles con bajo nivel de carbón, Francia con su tecnología nuclear y su agricultura, y el Reino Unido con su posición en el mercado de financiamiento del carbón. Tanto el presidente de Francia como el primer ministro británico se han comprometido a ir mucho más allá que los objetivos de Kyoto luego de 2012.

Por lo tanto las estrategias de industrias nacionales pueden constituir una fuerza de estabilidad interna

<sup>36</sup> El comercio óptimo se explica más adelante en este capítulo.

para la coalición de Kyoto. Estos países también pueden intentar penetrar otros mercados mediante la firma de acuerdos bilaterales con otros países, siempre y cuando se establezca un marco internacional adecuado para favorecer sus inversiones y reducir los costos transaccionales.

Los países que no forman parte del tratado climático también podrían interesarse en adoptar una actitud más cooperativa. Sería el caso de Brasil y Argentina que podrían beneficiarse de la acción climática mediante el uso de su extensa capacidad para la agricultura para producir bio-combustibles. Los EEUU y Australia podrían beneficiarse mediante la exportación de sus tecnologías de eliminación de carbón de la atmósfera. Algunos países que no cuentan con una ventaja comparativa significativa podrían temer quedar excluidos de una revolución tecnológica, y por lo tanto querer ganar legitimidad para participar en ella. El premier del estado australiano Northwest Shelf, Bob Carr, se quejó de que su país estaba “siendo marginado del creciente mercado internacional de la reducción del efecto invernadero”<sup>37</sup>. Los riesgos de quedar “fuera del sistema de Kyoto” pueden hacer que la posición del gobierno australiano sea “inestable” (Grubb et al, 2003). En lo que respecta a los EEUU, de acuerdo con el científico jefe del gobierno británico, David King, el comercio en el área de las emisiones de carbono será un “una gran área nueva de negocios” de la cual tanto Nueva York como Chicago “quieren un pedazo”<sup>38</sup>. Moverse rápidamente para entrar en este nuevo sector puede constituir una motivación para que los países que están fuera quieran formar parte de la coalición existente.

<sup>37</sup> Ver periódico *The Australian*, 31 de marzo de 2005. NWS y Victoria, desafiaron a la política nacional mediante la creación de un mercado de comercialización de emisiones entre estados.

<sup>38</sup> *The Observer*, 19 de junio de 2005, “Cómo la política de alta presión amenaza a la acción climática”

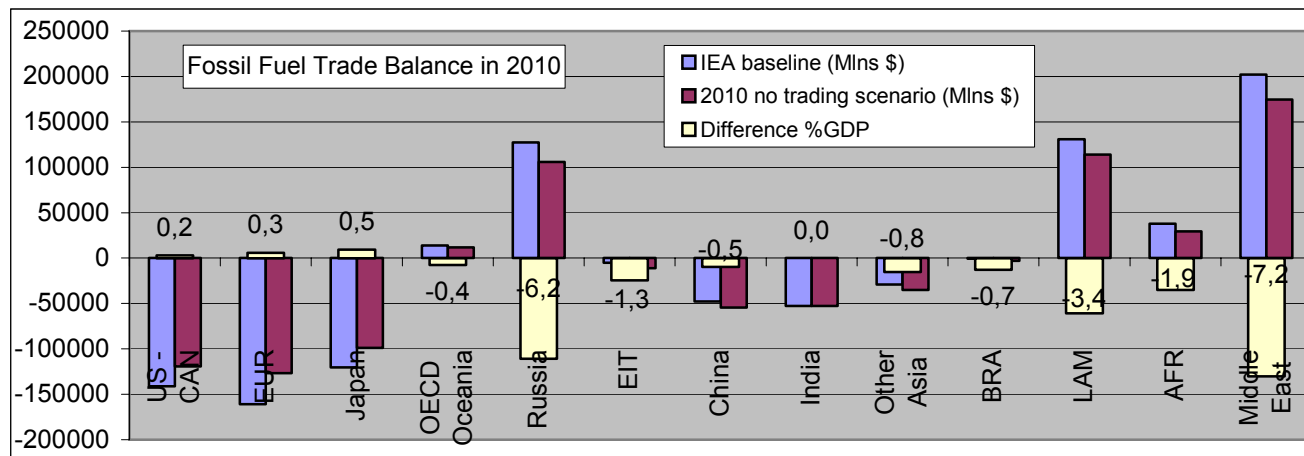


Figura 3.2: efectos del acuerdo de Marrakech sin comercialización de permisos de emisiones, sobre el mercado internacional de combustibles fósiles.

### 3.1.5.3. Impacto Temporal y Climático

El ser parte de un acuerdo bilateral le permite a sus miembros participar en el diseño del tratado, algo que no pueden hacer quienes adhieran tardíamente al mismo. Sin embargo, el retrasar la adhesión a la coalición de mitigación de las emisiones tiene tres ventajas: Primeramente, le permite al país esperar hasta observar una disminución en las incertidumbres respecto de la ciencia climática, las tecnologías de mitigación, y los efectos de las políticas; en segundo lugar, le da un plazo extra para beneficiarse del oportunismo; y en tercer lugar, si los objetivos de mitigación se establecen con respecto a un año base (como es el caso del acuerdo de Kyoto y probablemente de acuerdos futuros), le permite al país beneficiarse de un objetivo basado en un año posterior, y por ende de emisiones más elevadas.

De estas razones, la primera de ellas es probable que sea cada vez menos importante, o incluso que tenga un efecto opuesto en los próximos años. Se ha argumentado en el sentido de que el riesgo de daño se estima generalmente en base al promedio de diferentes estimaciones calculadas por expertos climáticos, cálculo que resulta contrario a las prácticas comunes de varios sectores, entre ellos el de la industria de los seguros (Leggett, XXXX). Los peores escenarios generalmente se ignoran, y los fenómenos que no han sido previstos se ignoran aún más. El impacto creciente del cambio climático, especialmente en los países asiáticos (ver tabla 3.5), en combinación con el aumento de la participación de China e India en las emisiones mundiales de GEI, puede que termine

convenciendo a aquellos países sobre la necesidad de que ellos mismo tomen medidas al respecto. Al mismo tiempo, la calidad del alcance de los instrumentos de política internacional disponibles debería aumentar con el tiempo, a medida que se vuelvan más utilizados.

País	Puntaje	País	Pj
Etiopía	41	Filipinas	20
Burkina Faso	40	Sudáfrica	19
Paquistán	37	Argentina	18
Haití	37	Brasil	18
Nepal	35	Corea del Sur	18
Bangladesh	32	Trinidad y Tobago	16
India	30	Japón	15
China	29	Polonia	14
Arabia Saudita	29	Costa Rica	14
Indonesia	26	Italia	13
Irán	26	Francia	12
Guatemala	26	España	12
Turquía	23	Canadá	11
Rusia	22	Alemania	11
Ucrania	22	Reino Unido	11
Fiji	22	Australia	10
Méjico	20	EEUU	10

Tabla 3.5: Puntajes de vulnerabilidad de los 25 mayores emisores (fuente: Centro Pew<sup>39</sup>)

<sup>39</sup> Ver Baumert y Pershing (2004). Estos puntajes de vulnerabilidad se basan en una combinación de 11 variables representativas (incluyendo salubridad, alfabetización, consumo calórico, efectividad gubernamental, y expectativa de vida).

### 3.1.5.4. Vinculación con Temas Regionales

La vinculación de un tratado climático multilateral con otro, para eliminar los incentivos para el comportamiento oportunista, implica un número de dificultades que fueron expuestas anteriormente en este capítulo. No solamente se necesita el consenso dentro de la CMNUCC para cualquier decisión de este tipo, lo que implica que las naciones con fuertes incentivos oportunistas intenten evitar cualquier progreso en esta dirección, sino que además el tema a relacionar (por ejemplo las restricciones al comercio) puede entrar en conflicto con organismos internacionales existentes tales como la OMC.

Una solución a este problema podría hallarse en la vinculación de los temas climáticos con acuerdos regionales. Se espera que el porcentaje de comercio global que estará incluido en acuerdos de comercio regional llegara al 55% en 2005, y puede seguir creciendo mientras las negociaciones de la Ronda de Doha de la OMC continúen estancadas (Egenhofer et al, 2004). Los Acuerdos Regionales de Comercio (ARC) tienden a reflejar los criterios de la OMC, o ir aún más lejos que ella en temas relacionados con el medio ambiente.

### 3.1.6. Resultados de Kyoto

Se presentan varias dificultades al intentar diseñar un régimen climático multilateral que sea económica y medioambientalmente eficiente mientras que a la vez ataque el problema del oportunismo. Además, las políticas nacionales referidas a las emisiones de gases de efecto invernadero están influenciadas por factores que no tienen relación con el clima.

#### 3.1.6.1. Mercados de Carbono y Eficiencia Medioambiental

En respuesta a la ineficiencia medioambiental causada por la existencia de “aire caliente”, los países de Kyoto puede que se nieguen a comercializar permisos de emisión con Rusia y Ucrania. En el peor de los casos, si estos dos países siguieran su línea de base de emisiones, se sacaría del mercado un monto de “aire caliente” equivalente a 0,3 GtC, lo que resultaría en una caída de 5,3% en las emisiones del Anexo I y de 2,4% en las emisiones globales.

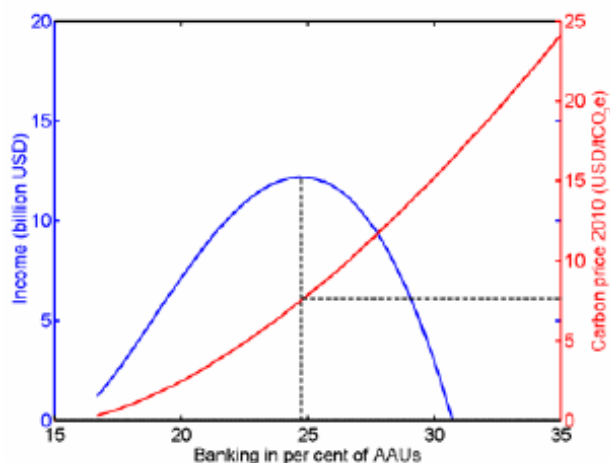


Figura 3.4: el efecto de la provisión de “aire caliente” ruso en el mercado de la UE (fuente: PointCarbon)

Pero en la situación opuesta, si el carbón fuera comercializado libremente, puede que todo el “aire caliente” disponible no sea consumido por las emisiones de GEI, ya que una estrategia de maximización de ganancias de los proveedores del “aire caliente” los llevaría a restringir su oferta. De acuerdo con un estudio reciente, (PointCarbon, 2005), Rusia y Ucrania obtendrían la mayor ganancia vendiendo alrededor de un 20% de su oferta de “aire caliente” y acumulando el 80% restante, manteniendo así el precio de los permisos en €8 aproximadamente (ver figura 3.4). El beneficio para el medio ambiente sigue siendo sustancial. La figura 3.5 resume la comparación de las diferentes opciones de comercialización dentro de los regímenes de emisiones acordados.

La primera consecuencia de un escenario de “no comercialización” o de “control de la oferta de aire caliente”, sería que la brecha entre los acuerdos de Kyoto y de Marrakech se achicaría. Una segunda consecuencia sería que si los EEUU se unen al Protocolo antes de la finalización del primer período de compromiso, el objetivo de Kyoto aún podría “salvarse” mediante el logro de una mitigación de solo el 5% respecto de sus niveles de 2002 (Grubb et al., 2003).

Resulta imposible predecir si la comercialización internacional de emisiones se expandirá en el futuro. La vinculación del mercado de carbón de la UE con otros países de la OCDE, que están todos ubicados del lado de la demanda, tendría un efecto de ahorro en los costos, pero sería neutral en términos de medio ambiente. Sin embargo, cada vez que un país tiene exceso de permisos, el control de la oferta de permisos resulta beneficioso en términos medioambientales. Este efecto, causado por la

imperfección del mercado, compensa una desventaja de los sistemas de permisos sobre los impuestos, en los casos de costos de mitigación sobrevaluados, y asegura que los objetivos internacionales acordados representen un límite a las emisiones futuras.

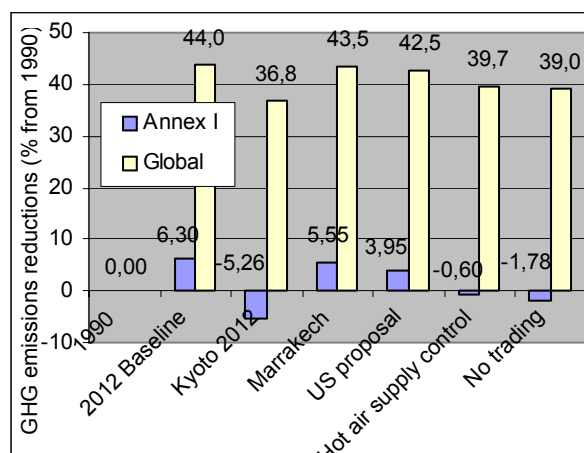


Figura 3.5: poniéndose al nivel de Kyoto

### 3.1.6.2. Seguridad Energética

A pesar de las enormes reservas de combustibles fósiles que aún quedan, tanto convencionales como no convencionales, los precios de la energía pueden estar influenciados por un importante número de *externalidades de seguridad* y no solamente por la oferta y la demanda. Es probable que se adopten medidas políticas para reducir estas externalidades, con probable impacto sobre la demanda de combustibles fósiles y emisiones de gases de efecto invernadero.

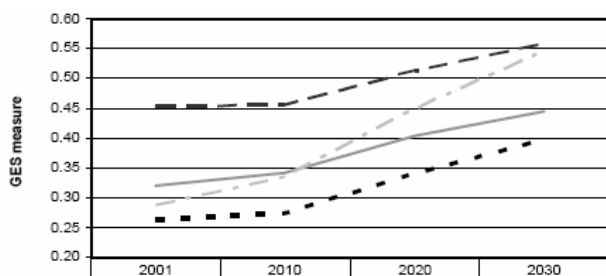


Figura 3.6: proyecciones de la medida de la seguridad energética geopolítica para cuatro países de referencia.

El impacto de la seguridad no está relacionado solamente con el déficit comercial en aumento de los importadores de combustibles, ya que los aumentos de precio afectan a los consumidores en todos los países por igual sin importar su cuota de

energía. En un estudio de IEA, Blyth y Lefevre (2004) han propuesto un índice que cuantifica de manera integrada varios de los factores de riesgo que afectan a los precios de los combustibles fósiles, entre los que se encuentran: concentración de la oferta, estabilidad política de los socios comerciales y fluidez de la oferta. Las proyecciones de este índice de la seguridad energética geopolítica (SEG) correspondiente a cuatro países de referencia, muestran que la situación empeorará para todos los países en los próximos 30 años, (figura 3.6), algo que podría reducirse significativamente mediante la adopción de las siguientes respuestas políticas:

- cambios en el "mix" de generación de energía, pasando del carbón al gas y las energías nucleares y renovables;
- cambios en la intensidad del uso de los combustibles para el transporte, utilizando especialmente más derivados del gas y bio-combustibles;
- aumento de la diversidad de proveedores de petróleo y gas, y
- eficiencia energética.

Sorprendentemente, los riesgos geopolíticos no se reducen necesariamente con el uso de carbón en vez de gas, por que los efectos del cambio de "mix" afectan a la fluidez de la oferta. De acuerdo con este estudio, la implementación de una combinación de estas medidas que apunte a mantener el riesgo geopolítico estable, llevaría a un reducción promedio en las emisiones de GEI de 15% para el año 2020. Claro que los recursos sobrantes y los aumentos de los costos técnicos causados por el agotamiento de las fuentes de fácil acceso, que no se incluyeron en el estudio, podrían aumentar aún más el interés de estas políticas.

### 3.1.6.3. Derrames

Dado que algunos países imponen regulaciones estrictas sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, y así desvían recursos hacia el desarrollo de tecnologías de emisiones más bajas, es posible que tenga lugar un fenómeno denominado *derrame tecnológico*: posiblemente esos países desarrollarán una ventaja comparativa en el desarrollo de esas tecnologías y aumentarán su habilidad para exportarlas a otros países (Hansen, 2004). Esto puede mejorar la eficiencia del carbón en otros países también.

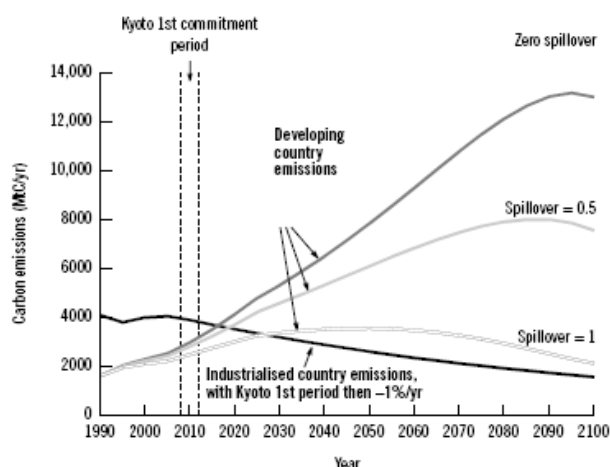


Figura 3.7: Dependencia de emisiones globales del seguimiento de Kyoto y el derrame (fuente: Grubb, 2003)

	Escenario de estabilización (objetivo 2020)	-19.0%
C L I M A	Política actual a 2012	-0.9%
	Estrategias de cooperación entre 2010 y 2020:	-5.5%
	- Equilibrio de Nash para todos los países	-3.7%
	- Reducciones óptimas de Kyoto	-1.8%
	Impacto temporal y climático Reducción de un 5% más por China e India en el 2do período	-1.5%
	Vinculación con temas regionales (¿más países involucrados?)	?
S E C U N D A R I O S	Estrategia Industrial	-3.2%
	- EEUU se adopta Kyoto durante el 1er período	-1.1%
	- EEUU adopta Kyoto para el 2do período (óptimo)	-1.8%
	- Reducción de un 5% más por parte de Brasil y Argentina en el 2do período	-0.3%
	Ajuste de mercados de carbón (control de la oferta de aire caliente)	-1.7%
Derrames	?	
O T R O S	Seguridad Energética	-15.0%
	Balanza comercial: Rusia renuncia a Kyoto para el 2do período (Nash)	+0.3%

Tabla 3.6: Contribución de los distintos factores a las emisiones de GEI para el año 2020 (en % de las emisiones de la línea de base mundial, ver Apéndice A)

Un efecto secundario de los proyectos de MDL es el derrame tecnológico que pueden generarse en

los países en desarrollo. Las tecnologías de mitigación que se introducen en los países en desarrollo en el marco de proyectos de MDL, si son económicamente viables, pueden propagarse fuera del marco del MDL y redundar en una mayor eficiencia del carbón (figura 3.7).

### 3.1.7. Conclusiones del Juego Multilateral

La cooperación internacional es una manera de que las naciones alcancen soluciones "socialmente óptimas", es decir soluciones que aumenten el bienestar global. El hecho de que los análisis económicos representan erróneamente los beneficios de la mitigación del cambio climático puede haber llevado a la comunidad internacional a apuntar a objetivos muy limitados. Sin embargo, algunos países líderes están preparados para asumir objetivos de reducción de emisiones que superan ampliamente aquellos que recomienda la "sabiduría económica". Mientras que un modelo económico muy difundido sostiene que la reducción óptima para la UE es de alrededor del 9,7% respecto de su línea de base por más de cien años (ver tabla 3.3), la UE ha asumido un objetivo de reducción del 8% respecto de los niveles de 1990 para el 2012, y algunos de sus miembros están propugnando reducciones de hasta el 60%. Estos compromisos significan que la economía convencional ha dejado de ser la impulsora de políticas, al menos en un grupo minoritario de países, y que o bien:

- los fijadores de políticas tienen mayor importancia en la amenaza climática que los modelos económicos, o
- la acción climática conlleva mayores beneficios económicos que aquellos que calculan los modelos.

Sin embargo, teniendo en cuenta que los incentivos para el oportunismo hacen que la colaboración internacional resulte inestable, y que las transferencias que ésta involucra sean muy difíciles de acordar, es más probable que de las negociaciones internacionales emerja una sub-coalición. La coalición de Kyoto actual es posible, pero ya que algunos de sus miembros tienen incentivos tan fuertes para cambiar sus estrategias de membresía, es poco probable que permanezca sin cambios luego del primer período de compromiso. Este es especialmente el caso de Rusia. Por el contrario, algunos países que no son miembros, pueden descubrir que tienen un interés industrial estratégico para integrarse a la coalición, que los modelos económicos no habían sugerido. Este podría ser el caso de Australia, los EEUU y algunos países latinoamericanos. La amenaza climática que



se aproxima puede que, con el tiempo, convenza a grandes emisores como China e India a tomar medidas, integrándose a la coalición o no. Otros argumentos tales como la vinculación con temas regionales, podría también influenciar las políticas climáticas de otros países. Estos factores favorecen la hipótesis de que podría emerger un régimen de velocidades diferenciadas.

Existen múltiples factores que afectan la decisión de reducir el consumo de combustibles de origen fósil. Algunos están determinados por las políticas climáticas, otros son solamente efectos secundarios de estas políticas, y algunos otros se relacionan con motivos muy diferentes. Estos factores contribuyen a la decisión, ya sea en sentido positivo, mediante la acentuación de los efectos de las políticas climáticas (como el control de la oferta de "aire caliente", la seguridad energética, las estrategias industriales, o los derrames), o en sentido negativo, resistiéndolas (como en el caso de fugas de carbono, o discusiones de balanza comercial). De estas contribuciones pueden deducirse tres conclusiones. En primer lugar, los países tienen razones para reducir su consumo de combustibles fósiles en un monto considerable, más allá de cualquier preocupación climática. Y las reducciones hasta ese valor no deberían considerarse como parte del costo de la acción climática, ya que deberían llevarse a cabo de todas maneras. En segundo lugar, las políticas nacionales que apuntan a la maximización de los beneficios deberían llevar hacia alguna reducción en las emisiones, que una coalición del tipo de la de Kyoto mejoraría, pero lo que debería considerarse como parte del costo de un tratado internacional es solamente la porción de las reducciones que se agrega a las que corresponden al equilibrio de Nash. Por último, existe un número de efectos secundarios que tienden a aumentar los efectos de una política climática dada, más allá de sus modestos alcances iniciales.

### **3.2. El Juego Local**

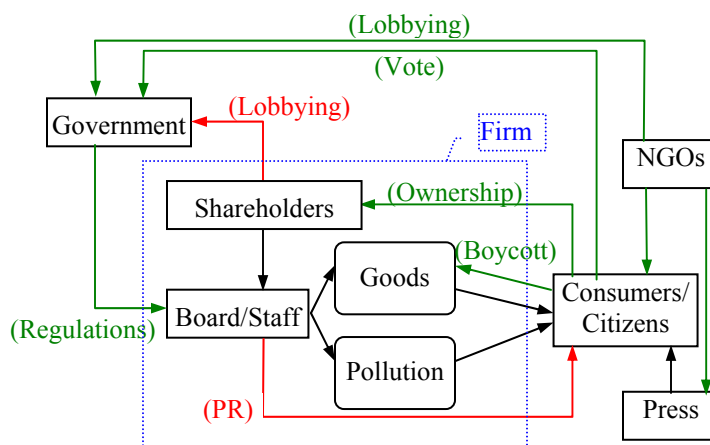
Los argumentos para justificar la posición de las naciones en el juego internacional, expuestos en la sección 3.1, se basaban en el importante supuesto de que los gobiernos involucrados en las negociaciones internacionales tratan de maximizar el bienestar nacional. Sin embargo, una de las preocupaciones fundamentales de las negociaciones internacionales relacionadas con el cambio climático, es si los EEUU van a reintegrarse a la coalición de Kyoto. Existe un creciente

consenso que considera que esto depende de la política interna americana más que de las consideraciones del bienestar nacional. Lo que justifica tal consenso es que en el mundo real, un gobierno está motivado, hasta cierto punto, por el objetivo de maximización de sus resultados políticos. Esto ha llevado a que los fijadores de políticas consideren enfoques de "abajo hacia arriba" en la problemática del cambio climático; estos enfoques consisten en negociaciones a nivel regional o local, en vez de (o además de) enfoques de "arriba hacia abajo" consistentes en acuerdos multilaterales. Esta sección apunta a identificar las fuerzas que pueden influenciar la acción de los agentes locales, en lo que respecta al cambio climático.

#### **3.2.1. Política del Cambio Climático**

El fin último de un gobierno puede ser obtener la reelección. Más que satisfacer a la mayoría de los votantes, Vogt (2002) sostiene que la mejor estrategia es satisfacer al "votante medio", es decir aquellos votantes que no pertenecen claramente a un partido político y que por ende son propensos a cambiar de opinión. Boom (2002) hace notar que tal supuesto implica que los candidatos deberían converger hacia las mismas políticas, y asegura que los resultados no están solamente impulsados por los votantes sino también influenciados por el lobby de los grupos de interés. Analiza las diferentes motivaciones de los actores involucrados en la política medioambiental:

- entre los legisladores, los políticos desean ser reelegidos, mientras que los burócratas desean incrementar su presupuesto;
- la industria busca optimizar sus ganancias;
- los organismos de protección del medio ambiente apuntan a reducir las emisiones sin considerar los argumentos económicos, ya sea mediante la realización de lobby sobre los fijadores de políticas, o convenciendo a los políticos de que la adopción de medidas para mejorar el medio ambiente los llevará a obtener más votos.



*Figura 3.8: Un modelo de economía política*

Las interacciones entre los agentes nacionales en temas relacionados con el medio ambiente pueden expresarse mediante un diagrama, tal como lo hizo Kolstad (2000). La *figura 3.8* propone una representación de ese tipo. Cada una de las flechas en el diagrama indica una relación de influencia de un agente sobre otro, pero en la práctica estas relaciones están atenuadas por los problemas entre agente y principal<sup>40</sup>. Por ejemplo, los votantes pueden tener varios niveles de control sobre sus gobiernos, o los gobiernos pueden no controlar totalmente a las empresas reguladas. El problema de la economía política está entonces basado en dos parámetros principales:

- El poder de los diferentes actores en la acción del cambio climático;
- La calidad de las relaciones agente-principal entre estos actores.

Las siguientes secciones analizan brevemente la situación de cada uno de los actores representados en la *figura 3.8*, como así también sus relaciones entre agente y principal con el resto de los actores. En cada uno de los casos se sugerirá un indicador numérico para medir el poder del agente y/o la calidad de las relaciones. Atendiendo a que los Estados Unidos de América se encuentra en el centro de la atención en la problemática del cambio climático, la mayoría de los ejemplos estarán relacionados con ese país.

	Petróleo y Gas	Minería	Transporte
Republicanos	6.2	1.1	1.7
Demócratas	1.6	0.4	0.6

*Tabla 3.7: Donaciones corporativas a los partidos políticos en los EEUU entre 1991 y 1996 (en millones de dólares)*

### 3.2.2. Empresas

Ya que la mitigación del cambio climático implica una transformación en la estructura industrial, gran parte de la cual se encuentra aún sin desarrollar, todavía no existen muchos actores corporativos con intereses en la acción climática. Más aún, estos pocos actores son relativamente débiles, en

<sup>40</sup> Los problemas de *agente-principal* ocurren, en una relación de subordinación, cuando el actor que dirige (el *principal*) no tiene control total sobre el actor dirigido (el *agente*).

comparación con las compañías que tienen intereses contrapuestos. Debido a que tienen lugar sustituciones económicas, se puede esperar que el sector de la eficiencia energética se desarrolle, y que su poder de lobby aumente.

#### 3.2.2.1. Lobby Corporativo sobre los Gobiernos

Las empresas privadas muchas veces están muy involucradas en la política nacional. El grado e importancia de la participación corporativa en la esfera política está, por supuesto, afectada por un número de elementos: el sistema de partidos, la estructura del gobierno, la naturaleza del consenso en el país, las "reglas de juego" de la política en general. Ya sea que el lobby esté impuesto por las instituciones, como en el caso de los EEUU, o que sea el resultado del surgimiento de una oligarquía como en la Rusia de Boris Eltsin, su influencia sobre los gobiernos puede resultar decisiva. En el caso americano, se le permite a las compañías realizar donaciones a los partidos políticos, lo que asegura una buena relación de agente-principal para el lobby corporativo. La *tabla 3.7* resume las donaciones de tres sectores industriales relacionados con la política climática a los partidos políticos nacionales, de acuerdo con un informe de 1997 publicado por Greenpeace. Los Republicanos, siendo gobierno y estando apoyados masivamente por estos sectores, probablemente defenderán los intereses corporativos contra la acción climática.

Actualmente, el lobby corporativo contra la acción climática parece encontrarse en su apogeo, con tantos vínculos entre las compañías de combustibles fósiles y la administración Bush que algunos observadores denuncian la existencia de una "puerta giratoria" entre ambos. Es probable que la administración futura sea menos protectora de los intereses de este sector.

#### 3.2.2.2. Relaciones Públicas

Las compañías también pueden influenciar al público mediante campañas de relaciones públicas activas. Algunas pueden consistir en avisos, pero también pueden ser más sutiles. Poco tiempo después de la creación del IPCC en 1989, un pequeño grupo científico en los EEUU sembró la confusión al desafiar las visiones científicas más aceptadas respecto del calentamiento global. Algunos científicos como el Dr. Pat Michaels, el Dr. Robert Balling, el Dr. Sherwood Idso y S. Fred Singer refutaron las "predicciones pesimistas" del IPCC. Luego se supo que estos científicos eran apoyados por varias organizaciones que estaban financiadas

principalmente por la industria automotriz y la de combustibles fósiles, tales como la Coalición para el Clima Global (GCC), la Asociación Internacional para el Cambio Climático (ICCP) y el Consejo Climático, a las que se hacía referencia en conjunto como el “lobby de los combustibles fósiles”. Como este lobby de los combustibles fósiles ha perdido terreno a nivel de la ciencia climática, se ha lanzado una nueva campaña relacionada con los costos de la mitigación del cambio climático.

Tales campañas son muy efectivas ya que llevan el debate a un nivel que no resulta muy accesible para el público en general ni tampoco para la prensa, y de esta manera evita que se consiga apoyo público a favor de la acción climática. Los medios no pueden tomar partido en una discusión científica. Un periodista no está calificado para juzgar la validez de los argumentos científicos, con lo que un informe científico bueno y uno malo serán igualmente aceptados por la prensa, dejando que el público forme su propia opinión. En cuestiones científicas, los medios no son formadores de opinión, pero pueden distorsionar un debate al exagerar la cobertura de opiniones irrelevantes pero con buen marketing. Al hacerlo, la prensa puede crear un debate “artificial” al poner cuestiones irrelevantes al mismo nivel que los temas preocupantes de relevancia. Por ejemplo, muchas veces se pretende mostrar que la ideología de libre mercado se opone a las limitaciones forzadas sobre las emisiones, aunque la situación no sea demasiado diferente de la de los finales de los años 80, cuando se impuso la supresión progresiva de los gases CFC bajo la administración Reagan.

La habilidad del lobby de los combustibles fósiles para utilizar tales métodos revela una relación estrecha entre agente y principal en las campañas de relaciones públicas. Una medida cuantitativa posible es el monto de los presupuestos de las campañas de relaciones públicas.

	EEUU	Reino Unido	Francia	Alemania
Greenpeace	250	200	86	535
WWF	1200	500	35	284
Sierra Club	750			
Total	2250	700	121	819

Tabla 3.8: Afiliación a campañas de ONGs relacionadas con el cambio climático (en miles)

### 3.2.3. Los Ciudadanos

El compromiso de los ciudadanos con la acción climática puede medirse mediante encuestas de opinión. Otros indicadores tales como afiliaciones a campañas de ONGs sobre el cambio climático también pueden utilizarse (tabla 3.9). Estos números se encuentran en constante crecimiento.

#### 3.2.3.1. Votos por el Gobierno

La posibilidad de los ciudadanos de transmitir sus preocupaciones relacionadas con el medio ambiente al gobierno depende de la calidad de la democracia. Pero aún en países democráticos, los temas medioambientales tienen diferentes posibilidades de llegar a la agenda del gobierno. En efecto, las posibilidades que tienen los partidos ecologistas de obtener representación parlamentaria pueden estar relacionadas con la distribución geográfica de los votos, como así también con la estructura institucional. En los EEUU los Demócratas corren con una ligera desventaja por la división del país en estados, y el Senado, que está dominado por los Republicanos, no es elegido por voto.

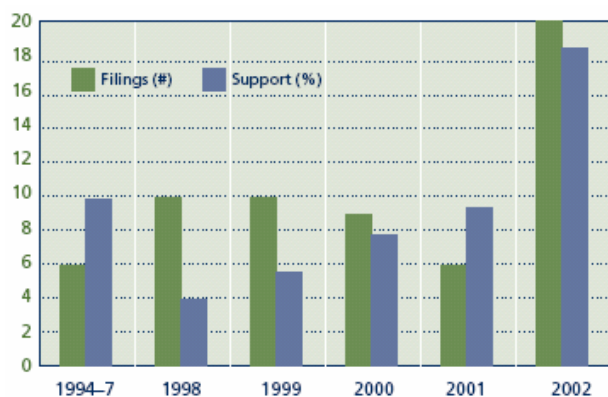


Figura 3.9: Resoluciones de accionistas relacionadas con el cambio climático en los EEUU (fuente IRRC<sup>41</sup>)

#### 3.2.3.2. Propiedad del Capital

Las instituciones financieras se encuentran entre las compañías más preocupadas por el cambio climático, ya que muchas de ellas temen quedar expuestas, por sus inversiones, al riesgo del cambio climático. En mayo de 2002, mediante la iniciativa conocida como Proyecto de Relevamiento del Carbono, 35 inversores institucionales del Reino Unido le escribieron a los presidentes de las compañías del índice FT500 Global para conseguir

<sup>41</sup> Centro de Investigación de la Responsabilidad del Inversor (Cogan, 2003)

información relevante relacionada con la mitigación de los gases de efecto invernadero. Las respuestas demostraron que, ya que se espera que los riesgos aumenten con el tiempo, las compañías administradoras de fondos de pensión, con carteras de inversiones formadas por activos con vencimiento a largo plazo, son las que tienen mayores preocupaciones al respecto (Innovest, 2003).

Como resultado de esto, el número de resoluciones de las Asambleas Anuales Ordinarias relacionadas con el calentamiento global, pero más especialmente el voto de los accionistas apoyándolas han ido en alza en los últimos años, (figura 3.9), y es probable que esta tendencia continúe en el futuro. El apoyo de los accionistas a este tipo de resoluciones podría ser un buen indicador de la relación de agente-principal entre los accionistas y el directorio de las compañías.

### 3.2.3.3. Boicot de los Consumidores

La habilidad de los consumidores para boicotear productos puede medirse mediante los números de consumos éticos, tales como las ventas de productos con acuerdos de precios mínimos. Estos números se encuentran en crecimiento en los EEUU.

	EEUU	Reino Unido	Francia	Alemania
Greenpeace	4	3.2	1.5	11.9
WWF	78	56	9	19
Sierra Club	48			

Tabla 3.9: Presupuesto de las campañas de ONGs relacionadas con el cambio climático (en millones de euros)

### 3.2.4. ONGs

El poder de las ONGs varía mucho entre los diferentes países. Sus presupuestos pueden tomarse como indicadores de su peso en el juego político, tal como lo muestra la tabla 3.9. Estos montos están en aumento. La forma de medir su relación de agente-principal con el cuerpo sobre el que ejercen lobby es menos obvia. Algunos estudios consideran a las ONGs como actores irracionales con comportamientos impredecibles, por lo que los gobiernos y la industria analizan el comportamiento de las ONG mediante modelos, al

plantear estrategias de cobertura para sus intereses.

Algunas ONG como la WWF, aceptan donaciones de la industria o los gobiernos, mientras que otras tales como Greenpeace, solo aceptan donaciones de individuos. Las primeras pueden considerarse por lo tanto, como menos riesgosas en lo que respecta a su fastidio potencial sobre varios de los intereses creados.

### 3.2.5. La Prensa

En su *Teoría de la Comunicación Persuasiva y la Toma de Decisiones de los Consumidores*, John D. Leckenby (2001) distingue tres tipos de agendas: la del público, la de los medios y la agenda de la política. Según el autor, algunos actores tienen la posición de “guardianes de agenda” ya que tienen la capacidad de establecer agenda: el editor del *New York Times* es uno de ellos. Este periódico muchas veces adopta posturas hostiles contra el Senado de los EEUU.

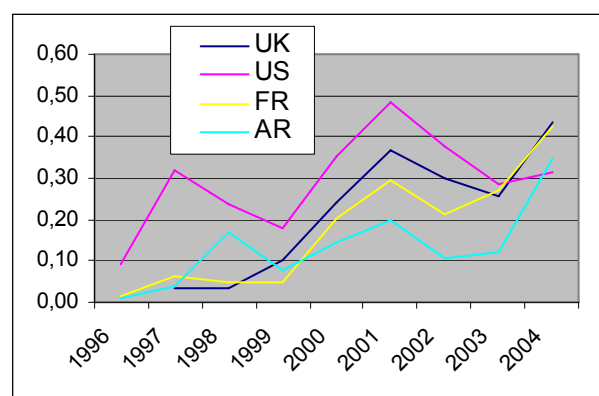


Figura 3.10: Cobertura que los medios le dan a la problemática del calentamiento global en los EEUU, Reino Unido, Francia y Argentina <sup>42</sup>.

El compromiso de la prensa con la acción climática puede medirse mediante el relevamiento de la cantidad de artículos publicados referidos al calentamiento global, como también la postura adoptada en dichos artículos. La figura 3.10 traza la evolución de la cobertura de la problemática del calentamiento global en los principales diarios de los

<sup>42</sup> El gráfico se obtuvo mediante la división de la cantidad de apariciones de frases como “calentamiento global” por el número de apariciones de frases como “seguridad social”, o su equivalente en los respectivos países, para un grupo de periódicos seleccionados: USA Today y The New York Times para EEUU; Libération y Le Figaro para Francia; The Guardian y the Daily Telegraph para el Reino Unido; Clarín y la Nación para Argentina.

EEUU, Francia y el Reino Unido. La relación de agente-principal puede medirse mediante el número de periódicos leídos en cada país.

### 3.2.6. Gobiernos

El compromiso de los gobiernos con la mitigación del cambio climático es el resultado último de esta sección, y depende del resto de las relaciones descritas anteriormente. Su acción consiste en diseñar marcos regulatorios y campañas de concientización. Pero las chances de éxito de las políticas nacionales también dependen de las relaciones de agente-principal entre los gobiernos y su gente, es decir, su gobernabilidad. El índice de gobernabilidad desarrollado por el Banco Mundial (Kaufmann et al., 2002), resumido en la *tabla 3.10* para los países de mayor nivel de emisiones de gases de efecto invernadero, puede utilizarse como medida en este caso.

En la mayoría de los países, los gobiernos nacionales no son los únicos reguladores relacionados con la política climática. A medida que las políticas de cambio climático involucran cada vez más temas de alcance regional y local tales como el uso de la tierra, las viviendas, la producción o el transporte, el diseño de políticas involucra con frecuencia a las autoridades locales. La fragmentación del poder de gobierno mejora notablemente la relación agente-principal de los votantes con los gobiernos, pero también mejora el poder de los lobby locales.

País	Puntaje	País	Puntaje
Australia	94	Méjico	55
Canadá	94	India	54
EEUU	90	Arabia Saudita	49
UE	84	China	48
Japón	83	Turquía	44
Corea del Sur	67	Irán	41
Sudáfrica	61	Ucrania	34
Argentina	59	Pakistán	34
Brasil	56	Rusia	33

*Tabla 3.10: Índice de Gobernabilidad de los países con mayor nivel de emisiones (fuente: PewCenter)*

Como resultado de esto, la problemática del cambio climático en los EEUU se encuentra mayoritariamente en las agendas a nivel estatal y local y no así a nivel federal, con medidas que van desde registros obligatorios o voluntarios de las emisiones de GEI, requerimientos de topes o compensaciones, exigencias de energía renovable, y programas de comercialización de permisos y

topes a las emisiones, conocidos como sistemas de cap-and-trade. La Iniciativa Regional de GEI del noreste (RGGI por sus siglas en inglés) es un programa de límites e intercambio (cap-and-trade) que involucra al 14% de las emisiones de GEI de los EEUU. Las ciudades también tienen potestades regulatorias, algunas de ellas han adoptado iniciativas agresivas para reemplazar el uso de automóviles por el transporte público, mediante impuestos locales o políticas urbanísticas.

Estas medidas continuarán en aumento los próximos años, y deberían contribuir a que aumente la presión política para que los gobiernos nacionales pasen a la acción (Grubb, 2003).

### 3.2.7. Conclusiones del Juego Local

Los índices que se analizaron en esta sección apuntan a obtener medidas tanto del nivel de compromiso de los actores nacionales con la acción climática, como también del nivel de influencia que puede existir entre ellos. Estos índices fueron volcados en forma matricial en la *tabla 3.11*. Una desventaja de este tipo de índices es que no todos utilizan una unidad de medida en común, por lo que resulta difícil determinar si, por ejemplo, las relaciones públicas corporativas son más efectivas que las ONGs para conseguir una mayor concientización. La comparación de los presupuestos de las campañas podría resultar confusa dado que gran parte de los recursos de las ONGs consisten en trabajo voluntario. Sin embargo, la suposición de que puede existir algún tipo de relación proporcional entre ambos no parece ser demasiado rebuscada, aunque debería encontrarse evidencia empírica al respecto. Esto lleva a que se pueda representar el juego de las negociaciones nacionales como la iteración de las operaciones de una matriz simple. Si  $X$  es un vector que representa la posición de cada actor local en el juego del cambio climático,  $A$  es la matriz agente-principal y  $W$  es una matriz de ponderaciones que normaliza a los diferentes índices utilizados en  $A$  a una escala común, una condición de equilibrio debería ser:

$$W A X = X$$

Si este equilibrio es cierto, entonces la demanda de cada actor se satisface y el juego potencial resulta estable. Aunque los argumentos expuestos más arriba no pretenden dar un resultado numérico, y aunque asuman que se trata de un sistema lineal, pueden proveer una metodología para medir la estabilidad de una situación política y predecir su evolución.

RECEPTORES	ACTORES					
	Gobierno	Accionistas	Directorio	Consumidores	ONGs	Prensa
Gobierno			Lobby	Votan	Lobby	
Accionistas				Poseen		
Directorio	Regulan	Votan		Boicotean		
Consumidores	Concientizan		Relac. Públicas		Concientizan	Establecen agenda
ONGs						
Prensa		Poseen				

Tabla 3.11: matriz A de agente-principal

En el caso particular de los Estados Unidos de América, la postura del gobierno federal respecto del cambio climático causa oposición en la mayoría del resto de los actores, aún estando apoyada por una parte del establishment del sector industrial incluyendo gran parte del sector de servicios. Estos elementos sugieren que el juego es inestable y que el gobierno cambiará su posición.

### **3.3. El Juego Global**

La teoría de los regímenes internacionales ha ido reconociendo de manera creciente la pérdida del control de los gobiernos sobre sus territorios nacionales, y un aumento de la influencia de los actores no-estatales tales como las organizaciones no gubernamentales (ONGs), expertos y asociaciones de negocios, ya que participan de la formación de las posiciones de los gobiernos en las negociaciones. Como el marco internacional moldeado por la CMNUCC no es realmente global, o al menos no se desarrolla uniformemente a través de las naciones, las compañías multinacionales enfrentan una situación en la cual el mercado se encuentra partido y bajo diferentes marcos regulatorios. La siguiente sección analiza el impacto que esta división tiene sobre los intereses y estrategias de mercado de las compañías multinacionales (CM). Luego la siguiente sección revisa la posible respuesta de las CM a nivel de la política global, o el lobby, y su interacción con otros jugadores de nivel global.

#### **3.3.1. Mercados y Regulaciones**

Considerando las diferencias entre las regulaciones medioambientales de los diferentes países, establecidas por el actual régimen de Kyoto (dependiendo de si el país integra o no el Anexo I del Protocolo de Kyoto), podría sugerirse que las

compañías multinacionales (CM) que tiene operaciones comerciales o subsidiarias en países del Anexo I, cuentan con incentivos para mudar sus operaciones emisoras de GEI fuera de los países del Anexo I, lo que se traduce en inversiones extranjeras directas en industrias intensivas en GEI, y el fenómeno de la fuga de carbón.

Sin embargo, los estudios empíricos de varios temas relacionados con el medio ambiente y sectores industriales, no han logrado revelar una relación directa entre los regímenes de regulación diferenciada y la inversión extranjera directa, en las industrias intensivas en polución (Lundan, 2004). El “incentivo a la revocación” puede que no sea el único impulsor de la estrategia corporativa medioambiental.

##### **3.3.1.1. Temas Estructurales**

Lo que hace que las CM sean diferentes a las empresas domésticas es que están expuestas a diferentes tipos de regulación en los diversos mercados en los que actúan, y deben decidir si utilizarán un conjunto de estándares corporativos uniformes, o si mantendrán diferentes estándares para los diferentes mercados. Un número de estudios han revelado que, en base a la eficiencia solamente, las compañías proactivas (líderes) adoptarán más probablemente estándares internacionales uniformes, y optarán por aumentarlos antes que bajarlos, entre las distintas jurisdicciones, diseminando el uso de los nuevos estándares, proceso y prácticas entre su cadena de proveedores locales (Lundan, 2004). De acuerdo con Kennelly y Lewis (2004), el considerable costo de crear un aparato nacional separado en cada mercado para aprovechar las ventajas del ahorro, no es económicamente viable. La aplicación de estándares medioambientales diferenciados a través del mundo no se justifica dado el costo y la complejidad de la coordinación que requiere. Como resultado de esto

las CMs puede que mantengan, en algunos mercados, estándares que son superiores a aquellos impuestos por la regulación o utilizados comúnmente por las empresas locales.

Un resultado aún más sorprendente lo da un estudio empírico de Buysse y Verbeke (2004) sobre las compañías con base en Bélgica. El mismo muestra que puede establecerse un vínculo claro entre la estrategia medioambiental y el desempeño financiero de estas compañías, pero no así en el caso de las filiales de las compañías multinacionales extranjeras. Kolk y Levy (2004) confirman este punto, diciendo que el mercado contexto regulatorio y cultural de los países sugiere que la organización en el campo del medio ambiente en el país de origen ejerce una poderosa influencia sobre la formulación de las estrategias de las multinacionales, creando presiones divergentes sobre las compañías con casas centrales en países diferentes.

Sin embargo, una progresiva desvinculación de las multinacionales de sus países de origen constituye una fuerza importante para la convergencia estratégica. La tendencia hacia fusiones y adquisiciones transnacionales tales como BP-Amoco y Daimler-Chrysler, refuerzan esta idea. A partir del alto nivel de conciencia que existe en un oligopolio global respecto de la interdependencia entre sus actores, las compañías son propensas a copiar las decisiones de las otras para evitar que sus rivales obtengan una ventaja. (Kolk y Levy, 2004)

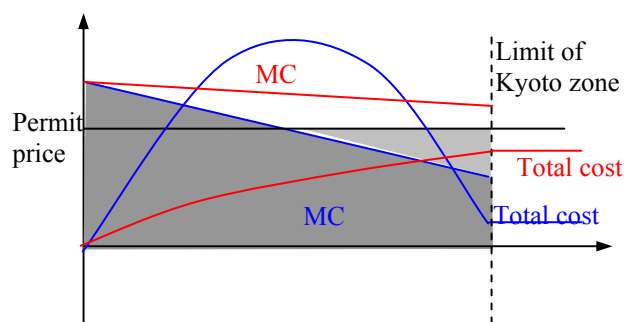
Una pregunta clave es si las multinacionales necesitan buscar respuestas al cambio climático globalmente coordinadas o están en condiciones de diferenciar sus respuestas de acuerdo con las condiciones económicas y regulatorias locales.

### 3.3.1.2. Regulaciones en las Plantas de Producción

El esquema de distribución de permisos de emisión, que se lleva a cabo en los países de Kyoto, está obligando a las compañías a realizar inversiones para reducir las emisiones en todas sus plantas ubicadas en estos países. Esta distribución se aplica a los sectores industriales y de energía que son responsables del 54% de las emisiones de dióxido de carbono en los países del Anexo I. A raíz de que se pueden obtener economías de escala en los costos de la mitigación, las compañías que tienen una gran cantidad de plantas ubicadas en países de Kyoto, deberían poder mitigar a precios más bajos que los permisos de emisión y por lo

tanto obtener alguna ganancia por las reducciones adicionales. Más aún, las compañías multinacionales están en condiciones de lograr comercializar carbón entre las filiales de la propia empresa ubicadas en diferentes países, y así reducir los costos transaccionales de la comercialización de emisiones (Greenpeace, 2004). Por lo tanto el marco de Kyoto otorga a las CMs una ventaja competitiva respecto de las compañías nacionales. De acuerdo con Lundan (2004), la disponibilidad de capital de la que gozan las CMs también es un impulsor importante para que las compañías realicen inversiones proactivas intensivas en capital, y la dinámica de las inversiones tiende a agrandar la brecha de las inversiones medioambientales que existe entre las compañías menos capaces y las de mejor rendimiento.

Bajo ciertas condiciones, es posible que algunas empresas mejoren su rendimiento como consecuencia de inversiones medioambientales, y para algunas empresas tales mejoras pueden incluso resultar en un aumento notable del rendimiento global de la compañía. Existen muchos ejemplos de ganancias relacionadas con la mitigación que han sido reportadas por compañías pertenecientes a una gran variedad de sectores (The Climate Group, 2004). Como las economías de escala pueden bajar los costos marginales de mitigación, las compañías con muchas plantas dentro de la “zona de Kyoto”, típicamente CMs cuya sede está en la “zona de Kyoto”, tienen más probabilidades de lograr mitigación con costos por debajo del precio de los permisos, tal como muestra la *figura 3.11* teniendo costos totales más bajos que los de las CMs con sedes extranjeras y plantas dentro de la zona mencionada.



*Figura 3.11: Costos totales de mitigación para una compañía con pocas plantas en la zona Kyoto (en rojo) comparada con una con muchas plantas (en azul).*

Otra consecuencia del régimen de Kyoto es que si se estableciera un régimen de reducción de las emisiones fuera de la zona Kyoto sin posibilidad de

comerciar permisos, las plantas de Kyoto tendrían una ventaja competitiva por sobre las plantas que queden bajo otros regímenes.

Los intereses de las compañías para las que el uso del carbón es imprescindible no son todos iguales. Dependiendo del número de plantas dentro y fuera de la zona Kyoto, como así también de sus costos de mitigación y su disponibilidad de capital, las compañías multinacionales tienen diferentes agendas. Una extensión de la coalición de Kyoto puede tener tanto resultados positivos como negativos en sus ganancias. Algunas CMs podrían ejercer su poder de lobby para extender la zona Kyoto, mientras que otras podrían preferir mantenerla restringida.

### 3.3.1.3. Regulación del Mercado

A medida que el rigor de las políticas climáticas aumenta en la zona Kyoto, las restricciones a las emisiones podrían extenderse, pasando de las plantas industriales a los productos finales, especialmente en el sector del transporte que es responsable del 24% de las emisiones de dióxido de carbono en los países del Anexo I. Después de que Francia consideró, aunque luego rechazó, una ley que apuntaba a aplicar impuestos sobre los automóviles más grandes, el gobierno del Reino Unido está considerando la aplicación de un impuesto a los automóviles SUV. Tales impuestos no infringen las reglas de la OMC ya que no discriminan el acceso al mercado de los diferentes países. Pero obligarán a las compañías a aumentar los estándares de eficiencia energética de sus productos para poder exportarlos a la zona Kyoto. Los esfuerzos industriales realizados para mejorar la eficiencia de bienes de exportación, de fácil extensión a los mercados domésticos, pueden resultar en bajas en las emisiones de GEI tanto dentro como fuera de la zona de Kyoto. De acuerdo con el informe del Proyecto de Relevamiento del Carbono (Innovest, 2003), entre las compañías que están invirtiendo en la producción de vehículos bajos en emisiones se encuentran: Daimler-Chrysler, Renault, Ford, GM y BMW, que venden la mayoría de sus vehículos afuera del área de Kyoto.

Las compañías que producen bienes más eficientes, están interesadas en agrandar la coalición de Kyoto a más países para que sus productos gocen de beneficios impositivos en más países. Por el contrario, las compañías que están atrasadas en el nivel de eficiencia energética, desearían ejercer su poder de lobby en contra de este tipo de extensiones.

### 3.3.1.4. Regulaciones Locales

Las regulaciones a nivel local o regional también tienen significativa influencia sobre la acción corporativa y las emisiones de GEI. Las autoridades locales no solamente pueden aplicar restricciones a las plantas de producción y a los mercados cómo lo hacen los gobiernos nacionales (aunque los riesgos de "fugas" son mayores), en algunos casos también pueden regular el uso de ciertos bienes, lo que puede provocar efectos secundarios que repercutan mucho más allá de la región en la cual se aplicaron las regulaciones locales. Por ejemplo, el hecho de que el London's Congestion Charge (tasa al tráfico de Londres) no se aplique a los autos híbridos puede incrementar el uso de este tipo de autos no solamente en el área central de Londres sino también en una región mucho más amplia. Por lo tanto, aunque limitadas a una región del territorio nacional, las políticas locales pueden tener un impacto de alcance nacional.

### 3.3.1.5. Demanda Medioambiental

Como la acción climática no está solamente propugnada por el Protocolo de Kyoto, las compañías pueden establecer auto regulaciones fuera del área de influencia del Protocolo, y mediante publicidad y participación en esquemas de etiquetados que certifican las prácticas ecológicas, dar a conocer sus prácticas y que sean aceptadas por el mercado. Los estándares basados en el mercado le permiten a la industria cubrir la demanda que los consumidores tienen por un buen desempeño medioambiental. Sin embargo, una de las características de la auto regulación es lo imprevisible que son estos estándares basados en el mercado a diferencia de los contextos regulatorios, ya que si las compañías gozan de buena comunicación con las autoridades regulatorias, las regulaciones serán predecibles, y podrán ser negociadas a los efectos de negociar la oportunidad en que se aplican. Por esta razón, las compañías sujetas al régimen de Kyoto pueden tener una ventaja respecto de las compañías que se auto regulan.

Aún si la acción climática solo resulta económicamente sensata para apenas algunas compañías multinacionales, puede que los competidores tengan que adoptar medidas similares para preservar su reputación, si es que el tema adquiere gran importancia para los consumidores. De acuerdo con Hansesn (2004), las compañías más



limpias también pueden estar mejor posicionadas para obtener contratos, en particular cuando están involucradas en proyectos con instituciones de financiamiento o de ayuda internacional. Sin embargo, existe desconfianza respecto de la voluntad y la habilidad de los bancos de desarrollo internacional y las organizaciones financieras internacionales para tener en cuenta al cambio climático en su política de préstamos. La publicación, en diciembre de 2003, del Reporte del Banco Mundial sobre la Industria Extractiva (RIE) recomendando la desactivación paulatina del financiamiento a los proyectos de extracción de petróleo y carbón (Patra, 2003), desencadenó una batalla de lobby entre ONGs, gobiernos y compañías multinacionales, en la que se demostró que la política de asignación del presupuesto del Banco Mundial depende significativamente de los negocios internacionales y la política, y el poder de decisión del Banco termina, por lo tanto, siendo bastante acotado.

### 3.3.1.6. Exposición del Capital

A medida que un número creciente de compañías está considerando los riesgos que la problemática del cambio climático implica para sus negocios, el Proyecto de Relevamiento del Carbono (PRC) ha revelado que los impactos sectoriales de las regulaciones, los litigios y el cambio climático en sí mismo, están mucho más extendidos de lo que generalmente se cree (Innovest, 2003). El estudio revela que el cambio climático tendrá su mayor impacto en los sectores intensivos en carbón y la industria energética en sí, pero también impactará en sectores tan diversos como: telecomunicaciones y tecnología, electrónica, silvicultura, agricultura, producción de alimentos, turismo, transporte, bienes raíces, banca, seguros y reaseguros, y administración de fondos. La exposición al cambio climático puede medirse mediante índices tales como el "carbón beta" de Innovest.

De acuerdo con las investigaciones, hay una serie de inductores globales que están convergiendo para hacer que los riesgos financieros del cambio climático continúen en aumento:

- evidencia cada vez más fuerte de la veracidad, gravedad y causas del cambio climático;
- más acciones regulatorias de gobiernos a nivel local, nacional y regional;
- continuo crecimiento de los mercados de la energía renovable y la tecnología limpia;
- mayor comprensión de la variabilidad de los impactos específicos en las compañías;

- mejor cuantificación de los impactos financieros potenciales por la inacción;
- creciente activismo de los accionistas en respuesta a los riesgos corporativos del carbón; y
- mejor marco legal para revelar riesgos de carbón.

Para las compañías emisoras de GEI, la exposición puede reducirse mediante políticas eficientes de administración de riesgos: adopción temprana del manejo de las emisiones, comercialización de GEI, mejoras en la eficiencia, y desarrollo tecnológico. Para los inversores, la exposición puede reducirse mediante la opción de invertir en sectores y compañías de bajo riesgo.

Los riesgos del carbón pueden agruparse en dos categorías: el clima y las regulaciones (que también incluye a los litigios). En ausencia de la segunda, los ajustes de portafolio y la reducción de riesgos no alcanzarían para llegar al equilibrio que se necesita para evitar un cambio climático catastrófico. En primer lugar por que la exposición a los riesgos del carbón está limitada a los activos del mercado, lo que implica que se ignora el daño climático que no se relaciona directamente con la economía (como muertes no aseguradas o biodiversidad). En segundo lugar por que, tal como sucede con los modelos económicos, el daño climático siempre se descuenta para calcular la exposición al riesgo, por lo que la amenaza se subestima matemáticamente y la acción climática está entonces sub-valorada. Sin embargo es posible que los administradores de riesgos del capital le presten mucha más atención a la hipótesis de escenarios de alto costo y baja probabilidad, que muchas veces se ignoran en los análisis económicos. La administración del riesgo regulatorio, y por consiguiente la posibilidad de regulaciones y litigios en aumento, también es probable que lleve hacia una acción climática en aumento.

### 3.3.2. Lobby

Considerando los importantes efectos, aún aquellos limitados, sobre los intereses económicos, de los regímenes regulatorios y de la revelación de los riesgos del clima, ha aparecido un marco de economía política que involucra a actores globales tales como las compañías multinacionales y las ONGs internacionales. Aunque no los representa ningún cuerpo oficial, el peso económico y político de estos agentes es muchas veces comparable al de naciones enteras.

### 3.3.2.1. Asociaciones de Negocios

Las asociaciones de negocios son muy respetadas por los gobiernos, tanto por su poder financiero en la escena política, como por su fuerza conductora de la economía nacional. En las negociaciones internacionales se les permite a las asociaciones de negocios asistir a las reuniones como observadores pero no están legitimadas para votar a favor o en contra de las resoluciones. Sin embargo, en la práctica, participan de las negociaciones al aconsejar a las naciones con las que tienen intereses en común. Como por ejemplo la Coalición para el Clima Global en los años 90, con la que la industria del petróleo ha usado a Arabia Saudita con frecuencia para defender sus intereses en la CMNUCC.

A diferencia de los primeros años de negociaciones sobre el cambio climático, cuando toda la comunidad de negocios multinacional liderada por la industria de combustibles fósiles se resistía a cualquier política de desarrollo, hoy en día parte de ella ha tomado distancia de los "rezagados climáticos" y de las asociaciones que promueven sus intereses. Han surgido nuevos grupos de lobby que representan a los "defensores del clima" tales como el Consejo Británico para una Energía Sustentable (CBES), y el Consejo de Negocios para un Desarrollo Sustentable (CNDS), que defienden las políticas de reducción de las emisiones. Sin embargo los rezagados climáticos han encontrado nuevas formas de defender sus intereses y su credibilidad, especialmente luego de que la Coalición para el Clima Global se disolvió en 2002, al inundar con enormes delegaciones abrumadoras las asociaciones de comercio "generalistas" tales como la Cámara Internacional de Comercio. Algunos ex miembros de la CCG hasta se unieron al CNDS. El sentido de esta estrategia es convencer a los fijadores de políticas de que la solución del cambio climático puede hacerse de manera más eficiente mediante un enfoque voluntarista, en el que las empresas se mostrarán dispuestas a llevarlo a cabo, y por lo tanto las políticas restrictivas son innecesarias. Al unirse a estas asociaciones las compañías logran defender sus intereses mientras mantienen cierta imagen progresiva.

Dar una imagen de preocupación por el clima es importante para que las compañías satisfagan la demanda medioambiental de los consumidores. Pero también se ha transformado en una forma de obtener la confianza de los inversores, dado que los riesgos relacionados con el clima constituyen una preocupación creciente para los inversores. A

tal punto que, a su tiempo, los inversores han comenzado a tomar iniciativas coordinadas para mejorar la transparencia del riesgo, como por ejemplo el Proyecto de Relevamiento del Carbono, o mediante organizaciones tales como la Red Internacional de Gobiernos Corporativos. Los principales objetivos de este tipo de iniciativas son:

- estimar precisamente la amenaza climática;
- conocer exactamente los costos de soluciones alternativas,
- afianzar las regulaciones sobre los órganos de gobierno corporativos y la información sobre los riesgos del carbón; pero también disminuir las regulaciones sobre las emisiones para disminuir la responsabilidad asignable a sus activos.

En el tira y afloje entre los rezagados climáticos y los defensores del clima, la comunidad de inversores actúa como referí al propugnar por la transparencia. Sin embargo, ellos que probablemente los llevará a una situación de equilibrio cercana a los que los economistas llaman "óptimo social". Sin embargo, este equilibrio no es suficiente para solucionar satisfactoriamente el cambio climático.

### 3.3.2.3. ONGs Internacionales

La ausencia de un marco regulatorio, o del cumplimiento del existente, es el campo de acción preferido por las ONGs internacionales. El modo de operación de las ONG es mediante campañas con objetivos específicos. No son públicamente responsables en el mismo sentido que las autoridades regulatorias, y su falta de previsibilidad hace que las compañías encuentren difícil cumplir con ellas.

Las campañas de las ONG pueden tener como objetivo la auto-regulación corporativa, ya que la credibilidad de las organizaciones del medio ambiente de acuerdo con encuestas de opinión es considerablemente más alta que la de las empresas industriales. Existe una creciente realidad en relación con las demandas medioambientales de los consumidores: cuando las compañías aplican regulaciones que surgen del mercado, no se guían por la demanda de los mercados de consumidores individuales, sino por las grandes ONGs del medio ambiente tales como Greenpeace y Amigos de la Tierra (Lundan, 2004). Estas tienen el poder de proveer ventajas competitivas a las compañías que cumplen con sus requerimientos.

Otro objetivo posible de las campañas de las ONG son las organizaciones internacionales, pero solo

pueden lograr sus objetivos si obtienen apoyo de países miembros importantes. Greenpeace y Amigos de la Tierra han hecho campañas para "enverdecer a la OMC" pidiendo el cambio de sus reglas para que las importaciones puedan ser restringidas si no cumplen con estándares de medio ambiente en sus procesos de producción. Sin embargo los países en desarrollo han dejado en claro desde 1996 que no acompañarán la creación de restricciones al comercio basadas en motivos medioambientales (o laborales) (Oxley y Macmillan, 2004).

Realizar campañas a nivel local y regional también puede tener importantes efectos. A medida que las ciudades y las regiones tienden a adoptar medidas más radicales que los países en sí, los efectos secundarios de estas medidas podrían resultar tan eficientes como las medidas de nivel nacional si, por ejemplo, se aplicaran a las principales ciudades de un país

### 3.3.3. Conclusiones del Juego Global

A pesar de ser aplicable a un área geográfica limitada, el Protocolo de Kyoto es probable que promueva la reducción de las emisiones GHG más allá de su área de aplicación, superando de esta manera sus expectativas iniciales. Similarmente, marcos regulatorios locales pueden tener consecuencias globales y promover reducciones más drásticas. Las fuerzas de mercado, como la demanda ambiental, también pueden introducir reducciones adicionales a través de marcos voluntarios, a pesar de que el efecto de tales marcos sea limitado.

Las regulaciones juegan un papel fundamental para resolver el dilema del cambio climático, y las regulaciones futuras son determinadas, en parte, por las fuerzas de lobby. A pesar de que la capacidad de lobby de las industrias petroleras sea atenuada por las demandas de transparencia de la comunidad inversora, la única fuerza de lobby en favor de un cambio radical en los marcos regulatorios necesarios para alcanzar reducciones sostenidas de las emisiones GHG son las todavía débiles industrias de las energías limpias, y las ONGs internacionales. Por esta razón, las acciones de las ONGs es un parámetro clave para el éxito de las acciones de cambio climático.

## Conclusión

El objetivo de este estudio ha sido la evaluación de los costos de la mitigación del cambio climático a través de un enfoque que no se limita a un sólo paradigma de las ciencias económicas. Una de las mayores dificultades para evaluar una política deviene de predecir un escenario a través de unas suposiciones, del tipo “business as usual”, que nunca sucederán. Este estudio ha utilizado unas suposiciones (de crecimiento económico, demográfico, progreso tecnológico, etc.) que pueden no ser ciertas en un futuro próximo. Un estudio más abarcativo hubiera considerado un espectro más amplio de suposiciones de este tipo.

Otra dificultad deviene de evaluar los efectos nocivos del cambio climático. Además de la incerteza de los modelos de cambio climáticos, los enfoques económicos tradicionales que se basan en el descuento futuro de los flujos de caja no es del todo acertado en escenarios temporales extendidos, o en casos de daños irreversibles como puede ser la pérdida de vidas humanas, la extinción de especies animales, o la desertificación. Estas limitaciones fueron remarcadas por una serie de modelos económicos en la “Energy Modelling Forum” (también usados en el Tercer Informe Evaluativo del IPCC), ninguno de los cuales había calculado niveles de emisiones ‘óptimas’ que evitaran daños climáticos irreversibles.

Por una parte, una posible mejora de los enfoques de bienestar económico fue sugerido en este estudio introduciendo tasas de descuento mixtos que mantienen una significativa representación de valores relativos. Por otra parte, para estimar el costo de una política ambiental, es necesario aislar el posible efecto de esa política sobre otras políticas públicas (como la seguridad energética o políticas de comercio internacional), como también de otros fenómenos que no ocurrirían sin esa política, aun cuando estuvieran relacionados con el cambio climático.

Este estudio ha considerado tres niveles de comportamiento (internacional, local y global). En el nivel internacional, de acuerdo con ciertas suposiciones de la teoría realista, la teoría del juego provee resultados que contradicen una serie de ideas generalizadas. La primera de estas es que si un país es responsable por un gran porcentaje de las emisiones de carbono, este país tendrá fuertes incentivos para reducirlas. En consecuencia, es muy probable que China adopte medidas para la mitigación del cambio climático independientemente de los procesos de negociaciones. La segunda contradicción es aquella que sostiene que la combinación de políticas no ambientales y los efectos colaterales de una coalición al estilo de Kyoto (aplicada a un reducido número de países) es probable que lleven a una reducción de las emisiones en línea con el objetivo de ‘550 ppm’ para 2020.

En el nivel local, este estudio no ha podido avanzar una estimación cuantitativa de la contribución de las interacciones de políticas económicas. No obstante, una serie de mediciones han sido avanzadas como también una condición de equilibrio aplicada a estas mediciones que ayudan a predecir la evolución de los posicionamientos de los gobiernos locales respecto de su adhesión a una coalición de cambio climático internacional.

El análisis de las interacciones entre los actores que no entran en los marcos regulatorios de ningún país (aquí denominados actores ‘globales’) ha demostrado la importancia de las regulaciones al remarcar un fenómeno contra-intuitivo opuesto al problema de ‘carbon leakage’. Al mismo tiempo, un marco regulatorio heterogéneo como el Protocolo de Kyoto induce a algunas empresas multinacionales a diseminar las reducciones de carbono afuera de este marco, aumentando la competitividad de algunas de estas. La fuerza de lobby de algunas industrias en contra de regulaciones es atenuada por un incremento en las demandas de transparencia de la comunidad inversora internacional. No obstante, ante la ausencia de una economía de carbono reducida sólida, las ONGs internacionales aparecen como las únicas organizaciones con capacidad de lobby para introducir este tipo de regulaciones.

## Referencias

- Babiker, Mustafa, and Eckaus, Richard S. (2000), "Rethinking Kyoto Emission Targets", *MIT Global Science Policy Change*, report n°65, Aug. 2000
- Bernstein, Paul M., Montgomery, David W., Rutherford, Thomas F., and Yang, Gui-Fang (1999), "Effects of Restrictions on International Permit Trading: the MS-MRT Model", *The Energy Journal*, Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol: a Multi-Model Evaluation, 1999, 221-256
- Blyth, William, and Lefevre, Nicolas (2004), "Energy Security and Climate Change Interactions: an Assessment Framework", *IEA Information Paper*, December 2004
- Bodansky, Daniel (2002), "Implications for U.S. Companies of Kyoto's, Entry into Force without the United States", Pew Center on Global Climate Change, Jan. 2002
- Bollen, Johannes C. (2004), "A Trade View on Climate Change Policies – A Multi-Region Multi-Sector Approach", RIVM
- Boom, Jan-Tjeerd (2002), "Interest Group Preference for Instruments of Environmental Policy" in Controlling Global Warming, Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, UK
- Buysse, Kristel, and Verbeke, Alain (2004), "Environmental Strategy Choice and Financial Profitability: Differences Between Multinationals and Domestic Firms in Belgium", *Research in Global Strategic Management*, Volume 9, 43-63, Elsevier
- Carbone, Jared, Rutherford, Thomas F., and Helm, Carsten (2003), "Coalition Formation and International Trade in Greenhouse Gas Emissions", Electric Power Research Institute
- Carter, Timothy R., and La Rovere, Emilio (2001), "Developing and Applying Scenarios", *WG2 Third Assessment Report of IPCC*, Chapter 3, 145-190
- Chichilnisky, Graciela, Heal, Geoffrey, Starett D. (1993), "International Markets with Emission Rights of Greenhouse Gases: Equity and Efficiency", *Center for Economic Policy Research Publication No.81*, Stanford University, Fall 1993
- Chichilnisky, Graciela, and Heal, Geoffrey (1994), "Who Should Abate Carbon Emissions? An International viewpoint", *Economics Letters*, vol. 44, 1994, 443-49
- Coase, R. (1960), "The Problem of social cost", *Journal of Law and Economics*, 3, 1-44
- Cogan, Douglas G. (2003), "Corporate Governance and Climate Change: Making the Connection", CERES, June 2003
- Cooper, Adrian, Livermore, S., Rossi, V., Walker, J., and Wilson, A. (1999), "Economic Implications of Reducing Carbon Emissions", *The Energy Journal*, Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol: a Multi-Model Evaluation, 1999, 335-365
- Egenhofer, Christian, Fujiwara, Noriko, and Brewer, Tom (2004), "The Future of the International Climate Regime: the Contribution of 'Regional Approaches' towards an international climate change agreement", Centre for European Policy Studies (CEPS), 3-5 March 2004
- Finus, Michael (2001), Game Theory and International Environmental Cooperation, Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, UK

- Finus, Michael (2002), "Game Theory and International Environmental Cooperation: Any Practical Application?" in Controlling Global Warming, Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, UK
- Finus, Michael, van Ierland, Ekko, and Dellink, Rob (2003), "Stability of Climate Coalitions in a Cartel Formation Game", Fondazione Eni Enrico Mattei, working paper n°61.2003
- Gravelle, Hugh, and Rees, Ray (2004), Microeconomics, 3<sup>rd</sup> edition, Prentice Hall, Harlow, UK
- Greenpeace (1997), "Oiling the Machine: Fossil Fuel Dollars Funnelled into the US Political Process"
- Greenpeace (2004), "Kyoto, the US and Business", Briefing, Oct. 2004
- Grubb, Michael, et al. (2003), "A Strategic Assessment of the Kyoto-Marrakech System: Synthesis Report", The Royal Institute of International Affairs, briefing paper n°6
- Grubb, Michael (2003), "The Real-World Economics of the Kyoto-Marrakech System and Implications for AAU Availability", Imperial College Centre for Energy Policy and Technology, briefing paper "The Kyoto Marrakech System: a Strategic Assessment", module 1
- Grubb, Michael (2003a), "The Economics of the Kyoto Protocol", *World Economics*, Vol. 4, N°3, July-September 2003
- Hansen, Michael W. (2004), "Environmental Aspects of Danish Foreign Direct Investment in Developing Countries: the Role of Home Country Factors in Shaping the Global Environmental Practices of Danish Multinationals", *Research in Global Strategic Management*, Volume 9, 65-74, Elsevier
- Hare, Bill, and Meinshausen, Malte (2004), "The risk of overshooting 2°C", COP 10 side event, Dec. 2004
- Hourcade, Jean-Charles, and Shukla, Priyadarshi (2001), "Global, Regional, and National Costs and Ancillary Benefits of Mitigation", *WG3 Third Assessment Report of IPCC*, Chapter 8, 499-560
- IEA (2002), Beyond Kyoto – Energy dynamics and climate sensibilisation, IEA Publications, Paris, France
- IEA (2004a), World Energy Outlook, STEDI, Paris, France
- Innovest (2003), "Carbon Finance and the Global Equity Markets", Carbon Disclosure Project
- IPCC (2000), "Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change", <http://www.gcric.org/ipcc/techrepl>
- IPCC (2001a), "Climate Change 2001: Synthesis Report – Summary for Policy Makers", <http://www.ipcc.ch>
- IPCC (2001b), "Climate Change 2001: Mitigation", <http://www.ipcc.ch>
- Jacoby, Henry D., and Wing, Ian S. (1999), "Adjustment Time, Capital Malleability and Policy Cost", *The Energy Journal*, Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol: a Multi-Model Evaluation, 1999, 73-92
- Kaufmann, D., Kraay, A., and Zoido-Lobaton, P. (2002) "Governance Matters II: Updated Indicators for 2000/2001", Policy Research Working Paper 2772, Washington DC, The World Bank
- Kainuma, Mikiko, Matsuoka, Y., and Morita, T. (1999) "Analysis of Post-Kyoto Scenarios: AIM Model", *The Energy Journal*, Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol: a Multi-Model Evaluation, 1999, 207-220
- Kennelly, James J., and Lewis, Eric E., (2004) "Degree of Internationalisation and Environmental Performance: Evidence from U.S. Multinationals", *Research in Global Strategic Management*, Volume 9, 23-41, Elsevier

- Kim, Yong Gun (2004), "A Game Theoretic Analysis on Negotiation Mechanisms for Climate Change Mitigation", Suh Sung Yoon, Seoul, Republic of Korea, Dec. 2004
- Kolk, Ans, and Levy, David (2004), "Multinationals and Global Climate Change: Issues for the Automotive and Oil Industries", *Research in Global Strategic Management*, Volume 9, 171-193, Elsevier
- Kolstad, Charles D. (2000), *Environmental Economics*, Oxford University Press, New York, USA
- Leckenby, John D., and Hyo-Gyoo, Kim (2001), "How Media Directors View Traditional and Interactive Media Planning", paper presented at the 2001 Annual Conference of the American Academy of Advertising
- Lundan, Sarianna M. (2004), "Multinationals, Environment and Global Competition: a Conceptual Framework", *Research in Global Strategic Management*, Volume 9, 1-22, Elsevier
- MacCracken, Christopher N., Edmonds, James A., Kim, Son H., and Sands, Ronald D. (1999), "The Economics of the Kyoto Protocol", *The Energy Journal*, Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol: a Multi-Model Evaluation, 1999, 25-71
- McKibbin, Warwick J., and Wilcoxon, Peter J. (1995), "The Theoretical and Empirical Structure of the G-Cubed Model", paper 118 Brookings Institution, Working Papers.
- McKibbin, Warwick J., and Wilcoxon, Peter J. (2002), "The role of economics in climate change policy" in *Journal of Economic Perspectives*, volume 16, Number 2, spring 2002.
- Mearsheimer, John: "The False Promise of International Institutions", *International Security* 20:1 (Summer 1995)
- Moomaw and Moreira (2001), "Technological and Economic Potential of Greenhouse Gas Emissions Reduction", *WG3 Third Assessment Report of IPCC*, Chapter 3, 167-300
- Morita, Tsuneyuki, and Robinson, John (2001), "Greenhouse Gas Emission Mitigation Scenarios and Implications", *WG3 Third Assessment Report of IPCC*, Chapter 2, 115-166
- Nordhaus, William D. (1994), *Managing the Global Commons*, MIT Press, Cambridge, USA.
- Nordhaus, William D., and Boyer, Joseph (1999), "Requiem for Kyoto: An Economic Analysis" in *The Energy Journal*, Special issue, International Association for Energy Economics, pp. 93-130.
- Oxley, Alan, and Macmillan, Steven (2004), "The Kyoto Protocol and the APEC Economies", Australian APEC Study Centre, Melbourne, Australia, Nov. 2004
- Patra, Dukuh (2003), "Striking a Better Balance", Final Report of the Extractive Industries Review, Jakarta, Indonesia, December 2003, [www.eireview.org](http://www.eireview.org)
- Pezzey, Jack (1992), "The Symmetry between Controlling Pollution by Price and Controlling it by Quantity." *Canadian Journal of Economics* 64(4): 983-91.
- Philibert, Cedric (2003), "Discounting the Future", International Energy Agency, June 2005
- PointCarbon (2005), "Carbon Market 101: Part I: Climate Politics – Background and Introduction", Carbon Market Insights, Amsterdam, 28 Feb. 2005
- Reinaud, Julia (2004), "Industrial Competitiveness Under the European Union Emission Trading Scheme." IEA Information paper, COP10 side event, Dec. 2004
- Stavins, R. (1998), "What can we learn from the Grand Policy experiment? Lessons from the SO<sub>2</sub> allowance trading"

The Climate Group (2004), "Carbon Down, Profits Up", [www.theclimategroup.org](http://www.theclimategroup.org)

Toth, Ferenc L., and Mwandosya, Mark (2001), "Decision-making Frameworks", *WG3 Third Assessment Report of IPCC*, Chapter 10, 601-88

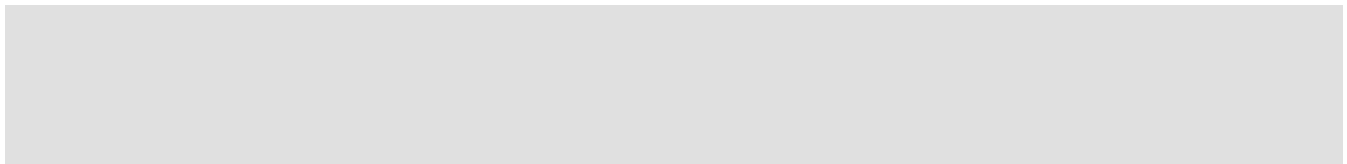
Tulpulé, Vivek, Brown, Stephen, Lim, Jaekyu, Polidano, Cain, Pant, Hom, and Fischer, Brian S. (1999), "The Kyoto Protocol: An Economic Analysis Using GTEM", *The Energy Journal*, Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol: a Multi-Model Evaluation, 1999, 257-285

UNEP (1998), "Mitigation and adaptation cost assessment: Concepts, methods and appropriate use", Roskilde, Denmark

Vogt, Carsten (2002), "On the Political Economy of International Environmental Agreements – some Theoretical Considerations and Empirical Findings" in Controlling Global Warming, Edward Elgar Publishing Ltd, Cheltenham, UK

Weitzman, Martin L. (1974). "Prices vs. Quantities." *Review of Economic Studies*. October, 41:4, pp. 477–91.

Weyant, John, and Hill, Jennifer (1999). , "Introduction and Overview", *The Energy Journal*, Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol: a Multi-Model Evaluation, 1999, vii-xliv





## Apéndice A: Estrategias de Emisión

La siguiente tabla muestra cómo los valores óptimos para 2020 fueron deducidos de los resultados de Finus (2002) utilizando el modelo DICE. Mientras que el modelo DICE encuentra un objetivo socialmente óptimo en un 21,4% de reducción de las emisiones para 2100, los escenarios de estabilización recomendados por la comunidad internacional sugieren un objetivo del 19% para 2020. El objetivo para cada región para 2020 fue deducido de la simulación RICE utilizando la fórmula:

$$\text{objetivo 2020} = 19.0/21.4 * \text{objetivo RICE}$$

	2100 RICE			2020 Normalised		
	Nash	Soc. Opt	Kyoto opt	Nash	Soc. Opt	Kyoto opt
USA	6,7	15,7	13,4	5,9	13,9	11,9
JPN	1,4	6,5	5,2	1,2	5,8	4,6
EEC	4,7	11,5	9,7	4,2	10,2	8,6
OOE	3,1	16,5	14,3	2,8	14,6	12,7
EET	1,8	19,6	16,9	1,6	17,4	15,0
FSU	4,9	19,3	16,7	4,4	17,1	14,8
EEX	0,7	10,2	0,7	0,6	9,1	0,6
CHN	6,6	40,6	6,6	5,9	36,0	5,9
IND	5,3	33,8	5,3	4,7	30,0	4,7
DAE	1,3	25,1	1,3	1,2	22,3	1,2
BRA	0,1	5,5	0,1	0,1	4,9	0,1
ROW	5,3	26,5	5,3	4,7	23,5	4,7
World	4,6	21,4	8,9	4,1	19,0	7,9

La siguiente tabla muestra los valores de las líneas de base en 1990, 2012 y 2020, las reducciones de las emisiones para cada región bajo los diferentes escenarios analizados en la sección 3.1.

	USA	EEC	OCE	CAN	JPN	EET	FSU	IND	CHI	DAE	BRA	ROW	World %
1990	1,77	1,20	0,14	0,16	0,35	0,36	1,37	0,50	1,18	0,29	0,40	0,91	8,64
2012	2,22	1,26	0,19	0,21	0,41	0,32	1,09	1,07	2,46	0,66	0,71	1,83	12,43
2020	2,33	1,29	0,21	0,22	0,43	0,33	1,28	1,36	2,89	0,85	0,85	2,33	14,37
Kyoto/Marrakech	-0,09	-0,16	-0,06	-0,06	-0,07	0,03	0,28						-0,13 -0,88
No Trading						-0,03	-0,28						-0,31 -2,14
Nash 2020	-0,13	-0,05	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,05	-0,06	-0,12	-0,01	0,00	-0,09	-0,53 -3,66
Kyoto opt. 2020		-0,06	-0,02	-0,02	-0,01	-0,04	-0,11						-0,27 -1,85
Russia out							0,04						0,04 0,80
US in 1 period	-0,46					0,03	0,28						-0,15 -1,07
US in 2 period	-0,26												-0,26 -1,84
SAM in 2 period											-0,04		-0,04 -0,29
CHN, IND in 2P								-0,07	-0,14				-0,21 -1,48

## Apéndice B: Comercio internacional de combustibles fósiles

La siguiente tabla muestra los efectos que el Protocolo de Kyoto tiene sobre el comercio de combustibles fósiles, asumiendo un impacto uniforme sobre los tres tipos de combustible fósil. Los valores de las líneas de base para 2002 y 2010 son de la IEA (2004).

Oil (in Mb/d)	2002			2010				
	Supply	Demand	Balance	Supply	Demand	Baseline Balance	Kyoto effect on Demand	Kyoto Balance
US and Canada	10,1	20,7	-10,6	10,6	23,2	-12,6	0,94	-10,8
EU	3,2	13,6	-10,4	2,3	14,4	-12,1	0,87	-9,7
Other OECD Europe	3,4	0,9	2,5	2,5	0,9	1,6	0,72	0,8
OECD Asia		7,5	-7,5		7,9	-7,9	0,82	-5,7
OECD Oceania	0,8	0,9	-0,1	0,5	1	-0,5	0,94	-0,3
Russia	7,7	2,7	5	10,4	3,1	7,3	1,00	5,4
EIT	1,9	2	-0,1	4,2	2,4	1,8	1,00	1,3
China	3,4	5,2	-1,8	3,3	7,9	-4,6	1,00	-6,8
Indonesia		1,2	-1,2		1,6	-1,6	1,00	-2,1
India	0,8	2,5	-1,7	0,7	3,4	-2,7	1,00	-3,5
Other Asia	1,7	3,9	-2,2	1,6	5,1	-3,5	1,00	-5,8
Mexico	3,6	2	1,6	4,2	2,3	1,9	1,00	0,5
Brazil	1,5	1,8	-0,3	2,5	2,3	0,2	1,00	0,2
Venezuela	9,2		9,2	10,7		10,7	1,00	10,5
Other LAM	2,2	2,7	-0,5	2,2	3,2	-1	1,00	-1,7
AFR	3	2,4	0,6	4,6	3,1	1,5	1,00	-0,2
Middle East	19	4,3	14,7	22,5	5,4	17,1	1,00	25,1
Natural Gas (in Bcm/y)	2002			2010				
	S	D	B	S	D	Baseline B	Kyoto effect on D	Kyoto B
US and Canada	759	759	0	833	866	-33	0,94	134,1
EU	238	471	-233	225	567	-342	0,87	-312,5
Other OECD Europe	91	20	71	93	18	75	0,72	86,3
OECD Asia	2	100	-98	4	134	-130	0,82	-141,0
OECD Oceania	40	30	10	60	39	21	0,94	-85,9
Russia	750	415	335	875	473	402	1,00	340,5
EIT		220	-220		254	-254	1,00	-279,9
China	36	36	0	50	59	-9	1,00	-13,8
Indonesia		36	-36		53	-53	1,00	-75,0
India	28	28	0	35	45	-10	1,00	-19,7
Other Asia	200	109	91	265	166	99	1,00	200,0
Mexico			0			0	1,00	0,0
Brazil		13	-13		20	-20	1,00	-34,2
Venezuela			0			0	1,00	0,0
Other LAM	100	89	11	150	130	20	1,00	42,8
AFR	130	69	61	200	102	98	1,00	126,5
Middle East	250	219	31	400	290	110	1,00	113,5
Coal (in Mt/y)	2002			2010				
	S	D	B	S	D	Baseline B	Kyoto effect on D	Kyoto B
US and Canada	1100	1051	49	1160	1119,4	40,6	0,94	141,3
EU	650	767	-117	610	746,6	-136,6	0,87	53,3
Other OECD Europe		55	-55	0	73	-73	0,72	-45,6
OECD Asia		364	-364	0	387,6	-387,6	0,82	-274,6
OECD Oceania	350		350	410	0	410	0,94	374,0
Russia		220	-220		229,6	-229,6	1,00	-234,4
EIT	500	249	251	560	285,4	274,6	1,00	228,3
China	1400	1308	92	1840	1745,6	94,4	1,00	-17,0
Indonesia			0	0	0	0	1,00	0,0
India		396	-396	0	546,8	-546,8	1,00	-560,0
Other Asia	550	160	390	790	278,4	511,6	1,00	435,9
Mexico			0	0	0	0	1,00	0,0
Brazil			0	0	0	0	1,00	0,0
Venezuela			0	0	0	0	1,00	0,0
Other LAM	50	30	20	70	44,4	25,6	1,00	16,4
AFR	200	174	26	400	210	190	1,00	197,0
Middle East		15	-15	0	18,2	-18,2	1,00	-19,8

## Apéndice C: El efecto sustitución (forma analítica)

Los niveles óptimos de ingreso están dados por las funciones de demanda de *Hicksian*,  $H_j$  derivada del Shephard's Lemma:

$$X_j = H_j(p, y) = \partial C(p, u) / \partial p_j,$$

dónde  $C$  es el costo minimizado,  $C(p, y) = \sum p_j x_j$ ,  $p_j$  y  $x_j$  son el precio y la cantidad de entrada  $j$  para producir una salida  $y$ .

Cuándo se produce  $I$  usando diferentes entradas, un cambio en el precio de cada insumo  $j$  tendrá un impacto en la curva de demanda de  $i$  por la combinación de los efectos ingreso y sustitución. La forma analítica de la ecuación de Slutsky es:

$$\partial D_i / \partial p_j = \partial H_i / \partial p_j - x_j \partial D_i / \partial C$$

dónde  $D_i$  es la demanda total (*o de Marshall*) de la entrada  $i$ .

### Versión de la ecuación de Slutsky de elasticidad :

El efecto del precio de un bien  $j$  en la demanda de otro bien  $i$  puede representarse usando el concepto de *elasticidad cruzada*. Los efectos ingreso y sustitución se muestran en la versión de la ecuación de Slutsky para la elasticidad.

$$\hat{a}_{ij} = \hat{o}_{ij} - s_j \zeta_i$$

$\hat{a}_{ij}$  es la *elasticidad cruzada total (o de Marshall)*.

$s_j$  es la porción de la entrada  $j$  en el gasto total para producir  $i$ .  $\zeta_i$  es la *elasticidad ingreso*  $i$ , que hace referencia al concepto usual de elasticidad, en mercados de productos únicos. El factor  $s_j \zeta_i$  es entonces el efecto sustitución. Muestra el efecto de una reducción del ingreso disponible para comprar  $i$ , cuando el precio de  $j$  aumenta.

$\hat{o}_{ij}$  es la *elasticidad cruzada compensada (o de Hicksian)*, y representa el efecto sustitución. Muestra el cambio causado por un aumento del precio de  $j$  en el grupo óptimo de insumos usados para producir  $i$ .