

Resumen

Este artículo pone de manifiesto y explica las dificultades para la acción colectiva que han dificultado el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático desde el comienzo. Se presentan comparaciones y contrastes con otras medidas de acción colectiva, como la protección de la capa de ozono, a fin de subrayar que el cambio climático plantea obstáculos que no son necesariamente compartidos por otros bienes públicos mundiales. Este artículo también contrasta el cambio climático con otras iniciativas que han tenido éxito en las tres últimas décadas para controlar la emisión de dióxido de azufre a escala regional. Por último, el artículo indica las previsiones de acciones colectivas para el ahora ratificado Protocolo de Kioto cuando los países tratan de cumplir sus compromisos 2008-2012 de reducción de las emisiones de gas con efecto invernadero (GEI).

Palabras clave: Protocolo de Kioto, cambio climático, acción colectiva.

Abstract

This paper clarifies and explains the difficulties encountered from the beginning in taking collective action for the enforcement of the Kyoto Protocol. It introduces similarities and contrasts with other measures of collective action, such as ozone layer protection, in order to emphasize that climate change creates barriers that are not necessarily shared by other global public goods. This paper also contrasts climate change with other initiatives that have succeeded in the last three decades in controlling sulphur dioxide emissions at a regional level. Finally, the paper outlines the collective action planned for the Kyoto Protocol for those countries who have already ratified it and are trying to enforce their agreements for 2008-2012 to reduce their greenhouse gas emissions (GGE).

Key words: Kyoto Protocol, climate change, collective action.

JEL classification: Q50, Q54, Q58.

PROTOCOLO DE KIOTO: DIFICULTADES PARA LA ACCIÓN COLECTIVA

Todd Sandler (*)

University of Texas, Dallas

I. PROTOCOLO DE KIOTO: CUESTIONES SOBRE LA ACCIÓN COLECTIVA

FRENAR las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI) a través de un acuerdo medioambiental internacional, como el Protocolo de Kioto, presenta importantes impedimentos para la acción colectiva global que deben ser superados. Estas dificultades surgen de consideraciones estratégicas, temporales, informacionales, políticas y de otro tipo que obstaculizan la delimitación, ratificación y aplicación de un tratado internacional. En cambio, el Protocolo de Montreal sobre sustancias que destruyen la capa de ozono se enfrentó a muchas menos dificultades, aunque también trata sobre un agente contaminador global. Por ejemplo, el Protocolo de Kioto tardó siete años en entrar en vigor después de haber sido formulado el 11 de diciembre de 1997, mientras que el Protocolo de Montreal tardó sólo un año en entrar en vigor después de ser formulado el 16 de septiembre de 1987 (Sandler, 2004: 216). Además, las necesarias limitaciones a los destructores de la capa de ozono se han ido planteando a lo largo del tiempo en una serie de enmiendas (a saber, la Enmienda de Londres, la Enmienda de Copenhague, la Enmienda de Montreal y la Enmienda de Pekín). El Protocolo de Montreal aplica las restricciones de emisión a los principales países que destruyen la barrera de ozono, mientras que el Protocolo de Kioto todavía no aplica restricciones de emisión a algu-

nos de los principales países emisores de GEI. En 2005, muchos países firmantes del Protocolo de Kioto todavía no habían tomado medidas para cumplir las reducciones de GEI a las que se habían comprometido para 2008-2012 (*The Economist*, 2006).

El principal objetivo de este artículo es subrayar y explicar los problemas de acción colectiva que han plagado la ratificación del Protocolo de Kioto y que pueden dificultar su cumplimiento por parte de algunos países ratificantes. En muchos sentidos, abordar el calentamiento global es un problema de acción colectiva mundial extremadamente difícil. Un objetivo secundario es evaluar si las perspectivas del Protocolo de Kioto han mejorado en los últimos años, ya que la ciencia y el seguimiento del comportamiento del planeta han dado nuevas pistas sobre el calentamiento global. Los pronósticos parecen haber mejorado marginalmente en relación con una respuesta colectiva al calentamiento global.

El resto del artículo se compone de seis apartados. Los factores generales que favorecen la acción colectiva global se presentan en el apartado II. El calentamiento global es revisado brevemente en el apartado III. En el IV, se indican algunas consideraciones sencillas sobre la teoría de los juegos en relación con un tratado sobre el calentamiento global. En el V se trata de los factores inhibidores para la formulación y ratificación del Protocolo de Kioto. En este apar-

tado también se comparan los aspectos de acción colectiva del calentamiento global con los del problema de dióxido de azufre regional, en el que los progresos en algunas regiones han sido rápidos y decisivos. El apartado VI evalúa la situación del Protocolo de Kioto, mientras que el VII indica los pronósticos de futuro para el Protocolo de Kioto.

II. FACTORES QUE FAVORECEN LA ACCIÓN COLECTIVA GLOBAL

Durante los últimos cincuenta años, cambios trascendentales en las actividades económicas, las tecnologías, el bienestar, las comunicaciones, los sistemas de información y la población han hecho que los países del mundo se conviertan en una comunidad global más unida. Las fronteras de los países, protegidas antes por ejércitos y artillería, se ven ahora invadidas diariamente por agentes contaminantes, producidos por las actividades económicas dentro y fuera de los propios países. Para solucionar los problemas interfronterizos, los países tienen que tomar ahora medidas conjuntas. La acción colectiva se refiere a situaciones en las que se necesitan los esfuerzos de dos o más agentes (por ej.: individuos, empresas, instituciones o naciones) para lograr un resultado. A escala internacional, *la acción colectiva global* indica que son necesarios los esfuerzos de muchos países del mundo para lograr un objetivo. Otros ejemplos incluyen programas para lograr la inmunidad del ganado y erradicar una enfermedad, medidas de reducción para frenar la emisión de clorofluorocarbonos (CFC) para detener la destrucción del ozono estratosférico y medidas para reducir las emisiones GEI para contener el calentamiento global. La

acción global también ha tenido éxito en gestionar el espectro electromagnético y las ranuras orbitales para que los satélites limiten las interferencias en las comunicaciones y sus propias colisiones. Hay muchos más ejemplos en los que la acción colectiva ha tenido éxito y relativamente pocos obstáculos.

La acción colectiva global suele asociarse a menudo a la provisión de un bien público mundial, cuyos beneficios no son rivales ni excluyentes entre los destinatarios de todo el mundo. Es evidente que los esfuerzos mundiales por espesar la capa de ozono estratosférica o limitar la acumulación de GEI atmosférico tienen como resultado la provisión de un bien público mundial. El que haya menos GEI en la atmósfera es algo experimentado por todos los residentes de la tierra, por lo que los beneficios que de ello se derivan son no excluyentes. Además, los beneficios que recibe un país por la reducción de las concentraciones de GEI en la atmósfera no limitan las oportunidades de consumo o los beneficios a disposición de otros países; de ahí que podamos decir que no existe rivalidad de beneficios. No todos los bienes públicos mundiales requieren de una acción colectiva global. Por ejemplo, el descubrimiento de un avance tecnológico que reduzca las emisiones de carbono de los coches puede ser resultado de los hallazgos científicos de un solo país. Cuando los centros para el control de enfermedades aíslan y hacen el seguimiento de un nuevo virus, Estados Unidos está ofreciendo un bien público global sin ayuda de nadie.

La prognosis de la acción colectiva global es más bien mixta: a veces, los países están debidamente motivados para actuar conjunta o individualmente sin que haga falta presionarlos, mientras que otras

veces los países son reticentes a actuar incluso cuando se ven presionados. En trabajos anteriores, he identificado factores que fomentan la acción colectiva global inspirándome en las obras de Olson (1965) y otros (ver Sandler, 1997, 2004). Un factor clave para la acción colectiva global es superar la incertidumbre sobre la necesidad y los beneficios netos de actuar. Por ejemplo, cuando el British Antarctic Survey descubrió en 1985 un alarmante descenso del 40 por 100 (en comparación con los niveles de 1964) de la concentración de ozono atmosférico en primavera en la Bahía de Halley, los principales países consumidores y productores del mundo actuaron con rapidez para reducir los GEI y otros agentes destructores de la capa de ozono. La acción fue rápida porque el proceso mediante el que los CFC adelgazaban la capa de ozono había sido comprendido, junto con sus graves consecuencias para la salud y el medio ambiente.

Otro factor que impulsa la acción colectiva global es la necesidad de que un pequeño número de países tenga que tomar medidas. Dado que el uso de CFC estaba concentrado en unos pocos países en la época del Protocolo de Montreal, fueron pocos los que tuvieron que ratificar el tratado para que entrara en vigor, lo que contribuyó a su rápida ratificación (Benedick, 1991). La acción colectiva está también más garantizada si no se pide a los países que sacrifiquen mucha autonomía. Por ejemplo, los países acordaron con prontitud reglamentos para evitar accidentes marítimos porque muchos de ellos ya estaban en vigor en el ámbito nacional. La adopción de estándares de pesos y medidas tampoco exigió que las naciones tuvieran que renunciar a mucha autonomía. Las normas uniformes favorecen el comercio.

La acción colectiva es apoyada cuando tiene como resultado beneficios claros para todos los países, es decir, la acción no provoca perdedores. Un perfil temporal favorable de costes y beneficios también favorece el éxito. Si los beneficios se producen a corto plazo mientras que los costes se proyectan en el futuro, la acción colectiva se ve favorecida porque la actual generación cosechará los frutos de sus esfuerzos. Sin embargo, cuando los beneficios se proyectan a muchos años vista, pero los costes son inmediatos, la generación actual puede verse obligada a sacrificarse en pro de las futuras generaciones. A menos que la actual generación sea muy altruista, no promete nada bueno para la acción colectiva.

Las fugas también influyen en la prognosis para la acción colectiva global. Las fugas se producen cuando quienes no participan pueden destruir la eficacia de quienes actúan. En el caso del terrorismo, los países que ofrecen refugio a los terroristas internacionales pueden obstaculizar grandemente los esfuerzos de aquellos países que cooperan para llevar a los terroristas ante la justicia. En general, las fugas implican la reubicación de una actividad para burlar la pretendida acción colectiva (Bushnell *et al.*, 2008). En el caso del calentamiento global, las fugas están asociadas al traslado de una industria emisora de carbono de un país con reducción obligatoria de GEI a otro país donde no es obligatoria dicha reducción.

Un país influyente, que además es uno de los principales causantes del problema, también puede ser un facilitador importante de la acción colectiva global. En el caso del Protocolo de Montreal, Estados Unidos asumió un papel de liderazgo en la reducción de

las emisiones de CFC, aunque era al mismo tiempo el principal productor y usuario de estas sustancias que destruyen la capa de ozono (Benedick, 1991). Una vez que Estados Unidos asumió este rol, la acción global avanzó rápidamente.

La acción colectiva global es impulsada si se dan las condiciones favorables en cada nivel o estrato donde es necesario actuar, es decir, a escala local, regional y global. Cuando se trató de controlar la emisión de dióxido de azufre en Europa, los principales contaminantes a escala local eran servicios públicos bajo control del Gobierno, fáciles de controlar y de influir en el ámbito nacional. Por lo tanto, los acuerdos internacionales sobre el dióxido de azufre podían ser impuestos sin problemas dentro de los países a escala local. Éste no fue el caso de las emisiones de nitrógeno, en el que los propietarios de coches y camiones privados, más difíciles de controlar, eran los principales emisores a escala nacional (Murdoch *et al.*, 1997).

Por último, la acción colectiva global es más fácil de lograr cuando las iniciativas producen beneficios comerciales. En el caso de los destructores del ozono, los fabricantes de CFC desarrollaron sus-

titutos con los que podían obtener importantes beneficios. Por esa razón, los fabricantes afectados no se opusieron a la retirada progresiva de CFC (Benedick, 1991; Sandler, 2004: 217-218).

Para facilitar la consulta, los factores facilitadores de acciones colectivas globales que han resultado un éxito están indicados en el cuadro n.º 1.

III. SOBRE EL CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global se produce por un efecto invernadero cuando los gases atrapados en la atmósfera de la tierra dejan pasar la luz solar, pero absorben y captan la radiación infrarroja, aumentando con ello la temperatura media del aire. Los gases con esta característica son denominados GEI e incluyen el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los CFC, los hidrofluorocarbonos y otros. El dióxido de carbono es resultado de la quema de combustibles fósiles y de la deforestación, mientras que el metano es sobre todo producto de los residuos sólidos, de las minas de carbón, de la producción de gas y petróleo, del cultivo húmedo del arroz y del ganado. El óxido nitroso procede

CUADRO N.º 1

FACTORES QUE FAVORECEN LA ACCIÓN COLECTIVA GLOBAL CON ÉXITO

- Solución de las dudas relativas a la necesidad y beneficios netos de la acción.
- Que sea un pequeño número de países los que tengan que actuar.
- Sacrificio limitado de la autonomía.
- Beneficios netos para todos: la acción no produce perdedores.
- Perfil de tiempo favorable de costes y beneficios, es decir, los costes no superan demasiado a los beneficios. La generación actual recibe la mayor parte de los beneficios.
- «Fugas» limitadas.
- Países líderes influyentes.
- Condiciones favorables para cada estrato de la acción colectiva.
- Se pueden obtener beneficios comerciales de la acción.

en gran medida del uso de fertilizantes y de la producción de energía. Los CFC se utilizan en los procesos de limpieza y refrigerantes, mientras que los hidrofluorocarbonos se utilizan como un sustituto de los CFC, ya que aquéllos no son perjudiciales para el ozono. La deforestación también contribuye a la acumulación de carbono en la atmósfera, al liberar el carbono atrapado en los árboles. El principal GEI es el dióxido de carbono, cuyas fuentes principales son las siguientes: petróleo, 32 por 100; carbón, 27 por 100; utilización del suelo, 23 por 100; gas natural, 15 por 100, y producción de cemento, 3 por 100 (Wolfson, 2008: 287). Otras muchas actividades contribuyen a las emisiones de GEI, de manera que una acción colectiva global necesita de la participación y el esfuerzo de muchos países para ser efectiva.

Existen algunas incógnitas importantes sobre el proceso del calentamiento global. En primer lugar, todavía hace falta comprender a fondo la relación entre el calentamiento global y la acumulación de carbono en la atmósfera. Lo que se sabe es que la acumulación de carbono atmosférico está estrechamente *correlacionada* con un aumento de la temperatura (Wolfson, 2008). El aumento preciso de la temperatura a lo largo del tiempo no se conoce, debido en parte al desconocimiento del tiempo que hace falta para que el incremento de carbono en la atmósfera tenga como resultado un incremento de la temperatura. Las estimaciones sobre el aumento de la temperatura varían de 2 °C a 5,8 °C. En segundo lugar, todavía no se sabe a ciencia cierta si el calentamiento de la atmósfera es debido a la liberación natural de carbono por parte de los volcanes o a actividades antropogénicas. Pruebas recientes sugieren que las actividades *humanas* están pertur-

bando el ciclo del carbono, con el resultado de un incremento de 4 gigatoneladas (Gt) al año del carbono atmosférico (Wolfson, 2008). En tercer lugar, no se sabe cómo afectará el calentamiento del planeta en términos de precipitaciones, olas de calor, sequía, humedad y tormentas (Schelling, 2007). En cuarto lugar, existe una falta de acuerdo sobre las relaciones coste-beneficio asociadas a las acciones para frenar las emisiones de GEI. Estos cálculos son muy sensibles al supuesto tipo de actualización mediante el que se reducen de valor los beneficios y los costes futuros cuando son comparados con los valores actuales. Un tipo de actualización bajo pone más énfasis en los beneficios conferidos a las futuras generaciones y justifica una mayor reducción de los GEI. Un reciente estudio de Stern (2007) empleaba un tipo de actualización muy bajo y defendía medidas muy proactivas contra el calentamiento global. Quinto, existen dudas considerables sobre acontecimientos extremos —como la fusión del hielo en Groenlandia y en el oeste del Antártico o sobre la deriva de la Corriente del Golfo— que pueden tener consecuencias catastróficas sobre las ciudades costeras y el clima en Europa. Evidentemente, los cálculos de coste-beneficio dependen de las probabilidades asignadas a estos eventos catastróficos. Sigue habiendo desconocimiento y desacuerdo sobre cuáles deberían ser las mejores medidas para solucionar la acumulación de GEI. Sexto, no se sabe qué países resultarían perjudicados y cuáles beneficiados por un clima más cálido. Algunos países pueden salir beneficiados con un clima más cálido y húmedo. Por último, no se sabe cómo se adaptará la gente al cambio climático (Schelling, 2007).

A medida que los científicos se han dedicado a estudiar el calen-

tamiento global, algunas de las dudas se han ido aclarando. El Panel Intergubernamental sobre el Clima (IPCC), creado en 1988, es el encargado de evaluar el estado de los conocimientos en las ciencias sociales y naturales sobre los cambios en el clima de la Tierra. Periódicamente, el IPCC publica informes detallados. En 2001, el IPCC llegó a la conclusión de que el calentamiento observado del clima de la Tierra en los últimos 50 años está provocado por actividades humanas. En un informe posterior (2007), el IPCC indicó que se puede afirmar con una seguridad razonable (90 al 95 por 100) que el calentamiento experimentado en la última mitad del siglo XX es debido a emisiones GEI antropogénicas. También hay pruebas de que la fusión de algunas partes de los casquetes polares se ha acelerado en los últimos años (*The Economist*, 2006).

Frenar las emisiones de GEI es un bien público global con beneficios que no son rivales ni excluyentes para las generaciones presentes y futuras. Las medidas tomadas por cualquier país para emitir menos GEI limitan la concentración atmosférica de éstos en todo el mundo, ya que la mezcla se produce en la atmósfera. Los países no pueden destinar sus actividades de atenuación a su propio beneficio, lo que a su vez podría producir incentivos para los países que no cooperan. Existen, sin embargo, maneras alternativas de abordar el calentamiento global que poseen diferentes características de bien público. La adaptación —construir, por ejemplo, murallas marítimas y otras defensas costeras— es un bien público específico de un país que puede de hecho aumentar el riesgo para los países costeros cercanos. En cambio, los avances científicos pueden aportar tecnologías que produzcan energía con me-

nos emisiones de GEI. La disponibilidad de tecnología es pública para el mundo, mientras que la compra y uso de la tecnología es decisión de un país. El calentamiento global también puede abordarse a través de la geo-ingeniería, utilizando o creando sumideros del carbono —almacenando, por ejemplo, carbono bajo tierra en pozos de petróleo agotados o haciendo que los océanos sean un sumidero de carbono más eficiente. La reforestación también puede reducir la acumulación del carbono atmosférico. Tanto la geo-ingeniería como la reforestación aportan beneficios públicos mundiales. Una solución efectiva al calentamiento global requerirá una combinación de atenuación, adaptación, avances tecnológicos y actividades de geo-ingeniería (Yohe et al., 2008).

IV. CONSIDERACIONES SOBRE LA TEORÍA DE LOS JUEGOS

Para dar una idea de los aspectos estratégicos a los que se enfrentan los países a la hora de abordar el calentamiento global, presento dos juegos muy estilizados en los que cada país recibe el

mismo trato. Comenzaré con una representación del Dilema del Prisionero para siete países, en la que cada país tiene dos opciones estratégicas: no frenar las emisiones GEI en el porcentaje exigido o frenar las emisiones GEI en el porcentaje exigido. En la matriz superior del cuadro n.º 2, se puede ver este juego. He elegido arbitrariamente siete países, pero el juego se puede generalizar fácilmente a cualquier número de países. Se supone que limitar las emisiones GEI cuesta 8 al país que las reduce, aunque el beneficio que obtiene tanto él como los otros seis países es 5, siendo los beneficios no rivales y no excluyentes.

En la matriz superior, las columnas se refieren a las acciones de los otros seis países, y las dos filas denotan la estrategia del país representativo *i*. Los beneficios enumerados en cada una de las catorce celdas son los del país *i*, basados en su decisión de reducir las emisiones o no y las decisiones de los otros países. Los beneficios son los siguientes: consideremos la fila superior de beneficios, que representan la respuesta no cooperativa del país *i* cuando se beneficia de las acciones para reducir las emisiones que toman los demás países.

Cada país que reduce emisiones en el nivel exigido confiere un beneficio de 5 al país *i* sin que le cueste nada a *i*. Por lo tanto, el país *i* gana 5 cuando un país reduce sus emisiones GEI, 10 cuando dos países reducen sus emisiones GEI, y así sucesivamente. La fila inferior corresponde al país *i* reduciendo sus emisiones, con y sin respuestas similares de los otros. Si el país *i* reduce él solo las emisiones, obtiene entonces un beneficio neto de -3, igual a los beneficios de 5 menos los costes de reducción de 8. Sin embargo, si otro país también reduce sus emisiones, entonces el país *i* recibe 2, es decir, sus beneficios brutos de 10 (= 2 × 5) menos sus propios costes de 8. Los beneficios brutos son 10 porque la reducción que efectúa el país *i* y la que efectúa el otro proporcionan un beneficio de 5 cada uno. Los otros beneficios netos de la fila inferior se calculan de manera similar, es decir, el beneficio neto es igual a 5 veces el número de países reductores (incluyendo al país *i*) menos 8 de costes.

La estrategia dominante para el país *i* es no reducir las emisiones GEI, porque los beneficios netos de la fila superior son tres veces mayores que los beneficios

CUADRO N.º 2

DOS JUEGOS DE LIMITACIÓN (DE EMISIONES) SIMÉTRICOS MULTI-PAÍSES ALTERNATIVOS

| | Número de limitadores de GEI además de <i>i</i> | | | | | | |
|-------------------------|---|---|----|----|----|----|------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <i>i</i> no limita..... | Nash 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| <i>i</i> limita..... | -3 | 2 | 7 | 12 | 17 | 22 | Óptimo social 27 |

Dilema del prisionero para siete países; $b_i = 5$, $c_i = 8$

| | Número de limitadores de GEI además de <i>i</i> | | | | | | |
|-------------------------|---|----|----|----|----|----|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <i>i</i> no limita..... | 0 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 |
| <i>i</i> limita..... | -3 | 11 | 19 | 27 | 35 | 43 | Nash 51 |

Juego de los siete países totalmente privilegiados; $b_i = 8$, $c_i = 5$

correspondientes en la fila inferior. Es decir, la diferencia de beneficios correspondientes entre las dos filas es igual a los costes individuales (c_i) del país i menos los beneficios que obtiene (b_i) por *limitar sus propias emisiones*. Cuando el país i y, por lo tanto, los otros seis países aplican su estrategia dominante de no hacer nada, el resultado es un equilibrio de Nash, por el que ningún país reduce sus emisiones. En el cuadro n.º 2, el país i no se apartará unilateralmente del equilibrio de Nash indicado porque 0 es un beneficio preferible a -3 . El óptimo social sólo tiene lugar cuando los siete países limitan sus emisiones y reciben 27 de beneficios cada uno por un total de 189. Este es un resultado preferible al de sólo seis países que reducen sus emisiones, en el que el único país que no coopera recibe 30 y los otros seis reciben solo 22, por un total de 162. Este resultado de un único país no cooperante no es sostenible como equilibrio, ya que todos los países tratarán de obtener el beneficio de 30 siendo el único país no cooperante, y de ese modo ninguno limitará sus emisiones. Independientemente del número de países que se consideren, el equilibrio de Nash resulta cuando ningún país haga nada, siempre y cuando se asuma que $b_i - c_i < 0$.

En la matriz inferior del cuadro número 2, doy la vuelta al juego permitiendo que cada país que limite las emisiones se confiera a sí mismo y a los otros seis países un beneficio de 8 con un coste de 5 para sí mismo, de manera que $b_i - c_i > 0$. La fila superior indica los beneficios de aprovecharse de la iniciativa de los demás que obtiene el país i a partir de los números alternativos de los países limitadores de GEI. Por ejemplo, si tres países que no son el país i reducen las emisiones GEI, en ese caso el país i gana 24. Los otros be-

neficios de la fila superior se calculan de manera similar en este juego simétrico. La fila inferior implica que el país i limita sus emisiones GEI. Cuando el país i actúa solo, recibe $b_i - c_i > 3$. Si otros dos países se unen a la acción de i , entonces i recibe un beneficio neto de 19 ($= 3 \times 8 - 5$) o los beneficios de los tres países limitadores menos el coste, 5, de su acción individual. El resto de entradas de la fila inferior se calculan de manera similar. La estrategia dominante para cada país es reducir sus emisiones, en la medida en que los beneficios de la fila inferior superan en 3 a los correspondientes beneficios de la fila superior, o $b_i - c_i$. El equilibrio de Nash para cada país es ahora reducir las emisiones a cambio de un beneficio neto de 51 para cada uno de ellos. Este equilibrio es también el óptimo social en este juego en el que «todos resultan privilegiados», ya que la acción de cada país beneficia o privilegia al resto de países. Por consiguiente, en este escenario no existen problemas para la acción colectiva, que puede ser ampliada a cualquier número de países.

En el mundo real, algunos países poseen beneficios netos positivos $b_i - c_i$, y otros poseen beneficios netos negativos. Con semejante mezcla de jugadores, los primeros reducirán las emisiones, mientras que los segundos no harán nada, de manera que el mundo se dividirá en países que luchan por obtener un tratado para reducir las emisiones GEI y otros que se opondrán a dicho tratado. Estos últimos pueden ser convencidos para ratificar el tratado si no se les exige reducir las emisiones o se les concede que puedan realizar reducciones menores. En el Protocolo de Kioto, del que se trata en el apartado VI, los países en vías de desarrollo están exentos de reducir las emisiones. La situa-

ción de parásito de estos países significa que sus beneficios netos son positivos por la participación en el tratado. Lamentablemente, su falta de acción afecta negativamente a los beneficios netos de otros (potenciales) participantes a través de las fugas. Se llegó a acuerdos especiales para convencer a algunos países —como por ejemplo Islandia y Rusia— para que firmaran el tratado.

El mundo real no es estático, de manera que los costes y beneficios individuales cambian con el tiempo. Consideremos un país costero cuyas principales ciudades se encuentran a nivel del mar o cerca del nivel del mar. Los descubrimientos científicos de que los casquetes polares se están fundiendo a un ritmo acelerado aumentarán sin duda su b_i . El aumento de la probabilidad de que se produzcan otros desastres, como posibles cambios en la Corriente del Golfo, pueden aumentar b_i en el Reino Unido y otros países europeos (*The Economist*, 2006). También aumentará el altruismo intergeneracional b_i . En cambio, los avances tecnológicos pueden disminuir c_i con el tiempo. En particular, la caída del precio de la energía eólica de 8-10¢ a 3,5-4¢ por kilowatio hora desde 1990 reduce c_i y favorece la limitación de las emisiones GEI (*The Economist*, 2006). Si se continúa investigando la energía renovable, la reducción del precio de la energía solar y de las mareas tendrá con el tiempo un efecto similar sobre c_i . Dado que el patrón de beneficios netos para cada país cambia con el tiempo, el juego subyacente y su equilibrio de Nash implícito también cambiarán. Pueden surgir estructuras de juego que propicien más la acción colectiva, como pasó con la reducción de las emisiones de dióxido de azufre y CFC (ver, por ejemplo, Murdoch y Sandler, 1997; Sandler y Sargent,

1995). Estrategias de reducción alternativas tendrán cada una su propia estructura de juego. Por ejemplo, descubrir nuevas tecnologías sirve para un juego de coordinación en el que las actividades y la financiación de la investigación deberían estar concentradas en aquellos países con más posibilidades de conseguir un adelanto muy importante (Sandler, 2004).

V. INHIBIDORES INICIALES DEL PROTOCOLO DE KIOTO

Muchos de los defensores de la acción colectiva mundial no apoyaron al principio el Protocolo de Kioto, contribuyendo de ese modo a alargar el proceso de formulación y ratificación. Durante su formulación seguían existiendo dudas importantes sobre el proceso general del calentamiento; por ejemplo, qué parte del calentamiento era atribuible a la acumulación de carbono antropogénico en la atmósfera. Se creó el IPCC para eliminar las dudas más importantes, pero su investigación requería tiempo. Lógicamente, los países no querían comprometerse con costosas tecnologías nuevas para reducir las emisiones GEI sin saber qué se ganaría con tales inversiones.

El calentamiento global se produce por multitud de actividades, que van desde la producción de energía al transporte y la agricultura, lo cual significa que muchos (la mayoría) países deben ratificarlo y cumplir el Protocolo de Kioto para que sea efectivo. El gran número de países ratificantes obstaculizó la ratificación del tratado. Los países que se quedan fuera del acuerdo y aquellos a los que no se les impone que reduzcan sus emisiones de carbono pueden ser la fuente de fugas que ponga en peligro la acción colectiva

de los demás. Esto es especialmente cierto en el caso de algunos países que insistieron en que no se les impusieran porcentajes de reducción obligatorios y cuyas economías, en rápido crecimiento, expulsarán con el tiempo grandes cantidades de carbono a la atmósfera.

El Protocolo de Kioto propuesto podría conducir a una pérdida de autonomía, ya que las reducciones de GEI prometidas por los países podrían ser costosas en términos de su PIB. Si estos costes de conformidad son lo suficientemente elevados, podrían tener consecuencias políticas para los dirigentes de los países que han comprometido a su país con el Protocolo de Kioto. Además, el calentamiento global provoca ganadores y perdedores, dificultando la acción de los ganadores potenciales que querían saber a lo que podían estar renunciando por el calentamiento climático antes de aceptar un tratado. Entre ganadores y perdedores, la distribución de consecuencias era desigual, lo cual tenía como resultado unas larguísimas negociaciones de las estipulaciones del tratado para que todos los países ratificantes pudieran apreciar cuál iba a ser su situación. Dado que el carbono permanece en la atmósfera durante unos cientos de años, los beneficios por reducir las emisiones GEI quedan ampliamente superados por los costes asociados. Dado este perfil temporal, gran parte de los beneficios corresponden a las futuras generaciones (Broome, 2008). Darse cuenta de esto inhibió la formulación y ratificación del Protocolo de Kioto, ya que los países no mostraban demasiado altruismo hacia las futuras generaciones.

Otro inhibidor del Protocolo fue que uno de los mayores contaminadores de GEI —Estados Unidos—

no estaba a favor del tratado. Inicialmente, otros países importantes que se resistían al tratado eran Japón, Australia, Rusia y Canadá, todos los cuales son grandes emisores de carbono. Finalmente, la UE asumió un papel de liderazgo para impulsar la ratificación. También hubo oposiciones al tratado a escala individual y regional. Al principio del proceso de ratificación, los ciudadanos tenían poca información sobre el proceso del calentamiento global y sus consecuencias. Algunas regiones se oponían a las reducciones a las que se les obligaba. Algunas regiones de países en vías de desarrollo, por ejemplo, sostenían que los países industrializados eran los responsables de la mayor parte del carbono acumulado en la atmósfera desde la revolución industrial, y que a ellos les tocaba solucionar el problema. Los países en vías de desarrollo no querían ver sus economías entorpecidas por reducciones obligatorias de gases con efecto invernadero.

Por último, hubo muchas dudas al principio sobre si limitar las emisiones de GEI produciría beneficios comerciales. Un importante factor que impulsó el Protocolo de Montreal sobre los agentes destructores del ozono fue el beneficio comercial que previeron los fabricantes de CFC a partir de los sustitutos de estas sustancias. En los últimos años, el beneficio comercial procedente de la energía eólica y de otras fuentes de energía renovable está siendo viable a medida que estas fuentes sustituyen a las centrales eléctricas que funcionan con combustibles fósiles.

El cuadro n.º 3 indica los inhibidores iniciales de la acción colectiva en relación con el calentamiento global. Con el tiempo, algunos de esos inhibidores perdieron influencia, como veremos en el apartado VII.

Los inhibidores del Protocolo de Kioto resultan especialmente evidentes al contrastar el calentamiento global con las emisiones de dióxido de azufre que provocan la lluvia ácida. El Protocolo de Helsinki del Convenio sobre Contaminación Fronteriza a Larga Distancia (LRTAP), formulado el 8 de julio de 1985 y que entró en vigor el 2 de septiembre de 1987, comprometió a los países ratifi-

cantes europeos a reducir las emisiones de dióxido de azufre en un 30 por 100 con respecto a los niveles de la década de 1980 para 1993 (Sandler, 2004: 229). El Protocolo de Helsinki contribuyó a realizar importantes reducciones de las emisiones europeas e hizo que el Protocolo de Oslo, del 14 de junio de 1994, fuera aún más estricto e indujera a reducir más las emisiones.

El cuadro n.º 4 enumera algunos contrastes importantes en la acción colectiva entre el calentamiento global y las emisiones de dióxido de azufre. En primer lugar, el calentamiento global es un problema mundial, mientras que la contaminación por dióxido de azufre representa un problema regional. Este último suele ser más fácil de solucionar porque los participantes son menos. A escala regional, los países suelen compartir una cultura común, y ya se han relacionado previamente. La cercanía espacial también favorece la acción colectiva. Los países vecinos, por ejemplo, pueden aprovechar otros tratados hechos sobre otros contaminantes; por ejemplo, un país que se encuentra aguas arriba puede encontrarse a favor del viento de otros vecinos regionales, de manera que se puede hacer un trato sobre contaminantes que lleva el río a cambio de un acuerdo sobre contaminantes que transporta el aire. La cercanía también limita los costes de transacción asociados a los tratados. En segundo lugar, a diferencia del calentamiento global, no hay ganadores en el caso de las emisiones de dióxido de azufre (algunos países a favor del viento pierden más que otros países, pero todos los destinatarios de la contaminación salen perdiendo). En tercer lugar, muchos países reciben una gran cuota de sus propias emisiones de dióxido de azufre y ello les motiva a tomar medidas (Murdoch *et al.*, 1997). En cambio, las emisiones GEI se mezclan en la atmósfera y se comparten a nivel mundial. Cuarto, los perfiles temporales de los dos problemas no podrían ser más diferentes: la limpieza atmosférica de los GEI tarda siglos, mientras que la limpieza atmosférica del dióxido de azufre se produce cada vez que llueve. En el caso del dióxido de azufre, la acción colectiva beneficia inmediatamente a

CUADRO N.º 3

CALENTAMIENTO GLOBAL: INHIBIDORES INICIALES DE LA ACCIÓN COLECTIVA GLOBAL

- Sigue habiendo dudas con respecto al proceso del calentamiento global y sobre los beneficios netos de limitar las emisiones de gases con efecto invernadero.
- Que sea un gran número de países los que tengan que actuar.
- Importante sacrificio de la autonomía, lo que da lugar a costes políticos.
- Es probable que el calentamiento global produzca ganadores y perdedores. Es probable que se produzca una distribución desigual de los beneficios.
- Los beneficios de limitar las emisiones de GEI quedan bastante por detrás de los costes. La mayoría de los beneficios los recibirán las generaciones futuras.
- La falta de acción por parte de los países en vías de desarrollo, Estados Unidos y otros países que se resisten a ratificar el Protocolo, da como resultado importantes fugas.
- El principal contaminador con GEI no es un país que asume liderazgo con respecto al Protocolo.
- La acción colectiva queda inhibida a nivel individual, regional, y global.
- No es seguro que se puedan obtener beneficios comerciales de la limitación de las emisiones de gases con efecto invernadero.

CUADRO N.º 4

DIFERENCIAS EN LA ACCIÓN COLECTIVA ENTRE LAS REDUCCIONES DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL

| <i>Calentamiento global</i> | <i>Emisiones de dióxido de azufre</i> |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Problema de patrimonio común universal. • Hay ganadores y perdedores. • Las emisiones de GEI son compartidas a escala mundial. • La limpieza atmosférica de GEI es a muy largo plazo. • Dudas no resueltas sobre el proceso de calentamiento y beneficios netos de limitar los gases con efecto invernadero. • La estrategia dominante de muchos de los principales contaminadores es no limitar las emisiones de GEI en las actuales condiciones. • Algunos de los principales contaminadores no se han comprometido a realizar reducciones. | <ul style="list-style-type: none"> • Problema de patrimonio común regional. • No hay ganadores en el caso de emisiones de dióxido de azufre. • Muchos países reciben una gran parte de sus propias emisiones. • La limpieza atmosférica del dióxido de azufre se produce a muy corto plazo. • Se conoce el proceso de contaminación y los beneficios de limitar las emisiones de dióxido de azufre. • La estrategia dominante de los principales contaminadores es reducir las emisiones de dióxido de azufre. • En algunas regiones, los principales contaminadores se han comprometido a realizar reducciones. |

la generación actual. Quinto, las estaciones de control europeas identificaron quiénes eran los países contaminantes y los que recibían la contaminación. Los países que estaban en la dirección del viento vieron que el tratado les podía beneficiar mucho. De manera adicional, los efectos perjudiciales sobre el dióxido de azufre ambiental se conocían desde hacía tiempo, de manera que las consecuencias beneficiosas de limitar las emisiones se apreciaron rápidamente. Hubo muchas menos dudas con respecto a las emisiones de dióxido de azufre que en relación con el calentamiento global. Sexto, para la mayoría de países, los beneficios netos de reducir las emisiones de dióxido de azufre ($b_i - c_i$) eran positivos antes de la formulación del Protocolo de Helsinki (Murdoch *et al.*, 1997), de manera que la estrategia dominante fue comprometerse a reducir las emisiones. Éste no fue el caso del Reino Unido, ya que logró transportar su dióxido de azufre mediante elevadas chimeneas. Es comprensible que el Reino Unido no firmara nunca el Protocolo de Helsinki. En el caso del calentamiento global, el beneficio neto del Protocolo de Kioto fue considerado negativo por muchos países durante las primeras etapas del proceso de formulación. Séptimo, la mayoría de los principales contaminadores europeos se comprometieron a reducir las emisiones de dióxido de azufre, de manera que las fugas fueron pequeñas. Por lo tanto, las medidas para reducir la emisión de dióxido de azufre fueron más rápidas y definitivas que en el caso del carbono. Incluso Estados Unidos ha realizado importantes reducciones de sus niveles de emisión de dióxido de azufre.

Como indicábamos en nuestras primeras observaciones sobre el Protocolo de Montreal, el ca-

lentamiento global se enfrentó a inhibidores más importantes que en el caso de los destructores de la capa de ozono, aunque ambos problemas implicaran bienes públicos mundiales (Barrett, 1999; Sandler, 1997, 2004). En el problema del ozono, las dudas se resolvieron más deprisa, y el perfil temporal de los beneficios netos era más favorable. Como en el caso del dióxido de azufre, ningún país salía ganando con una capa de ozono más delgada. A diferencia del calentamiento global, Estados Unidos se convirtió en un defensor de un tratado para limitar las emisiones CFC. Dado que los principales emisores de CFC se encontraban entre los primeros países ratificantes, las fugas no fueron una gran preocupación para el Protocolo de Montreal.

VI. EL PROTOCOLO DE KIOTO

El Protocolo de Kioto del Acuerdo Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) tiene como objetivo reducir el cambio climático antropogénico resultante de la acumulación de GEI. El Acuerdo Marco no estipula reducciones; en cambio, hace un llamamiento para que se estudie el problema del potencial calentamiento global, preparando el terreno para un protocolo subsiguiente si fuera necesario. El 11 de diciembre de 1997, el Protocolo de Kioto fue formulado por la Tercera Conferencia de las Partes, pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005, después de hacer importantes concesiones a Rusia para que firmara.

En mayo de 2005, 181 países y la UE habían ratificado el Protocolo de Kioto. Para el primer período de compromiso, de 2008 a 2012, los países del anexo-I (1), que representan un poco más del

60 por 100 de emisiones GEI, deben reducir sus emisiones colectivas de GEI en un 5,2 por 100 por debajo de los niveles de 1990. Las reducciones acordadas varían algo entre los países del anexo-I; por ejemplo, Islandia tiene permitido un incremento del 10 por 100 sobre los niveles de emisión de 1990, los países de la UE deben reducir colectivamente un 8 por 100 de promedio sus emisiones sobre los niveles de emisión de 1990, y Rusia debe mantener su nivel de emisión de 1990. La incorporación de países en transición a la UE (por ej., Alemania del Este) permitió a la UE asumir un mayor porcentaje de reducción, ya que las economías de esos países se desplomaron después de 1990, el año base del Protocolo de Kioto. Los países del anexo-I pueden cumplir con sus obligaciones recortando las emisiones de GEI, comerciando con los derechos de emisión (comprando, por ejemplo, créditos de carbono en el mercado), o ganando créditos limitando las emisiones en los países en vías de desarrollo. Estos últimos fueron denominados países que no pertenecen al anexo-I y fueron exonerados de cualquier obligación de limitar las emisiones de GEI. Este fue el incentivo para conseguir que 137 países en vías de desarrollo ratificaran el tratado. Otro incentivo fue la ayuda prometida por los países desarrollados de ayudar a los países en vías de desarrollo a reducir los GEI. Brasil, China e India no tienen obligación de reducir los GEI, aunque su cuota de emisiones de carbono crecerá en gran medida con el tiempo. De hecho, está previsto que China supere a Estados Unidos como el mayor emisor de carbono en 2015 (*The Economist*, 2006: 18). Además, los países que no pertenecen al anexo-I, pero que reducen emisiones de GEI, ganan créditos de carbono que pueden ser posteriormente vendidos

a los países del anexo-I para compensar los incumplimientos de su compromiso.

Los países del anexo-I que no cumplan sus compromisos para el periodo 2008-2012 deben compensar cada tonelada incumplida mediante 1,3 toneladas de reducción de carbono en el siguiente periodo de compromiso. Los países incumplidores pierden su capacidad de negociar derechos de emisión durante el siguiente periodo de compromiso. Hasta la fecha, este siguiente periodo y sus recortes obligatorios no han sido decididos todavía. Si los actuales compromisos demuestran ser demasiado onerosos, el tratado cuenta con la flexibilidad suficiente para reducir los recortes. Antes de que comenzara el actual periodo de compromiso, el comportamiento de los países ha sido variado. Las emisiones de carbono de Canadá y Japón eran en 2005, el 23 y 24 por 100, respectivamente, superiores a los niveles de 1990, a pesar de la reducción acordada del 6 por 100 (*The Economist*, 2006: 17). La recesión comenzada en 2008 ayudará a muchos países a cumplir sus compromisos, aunque evidentemente no representa una solución a largo plazo. Los países en transición han excedido su compromiso debido a las dificultades económicas desde la independencia.

Sigue habiendo todavía una gran posibilidad de fugas debido a la cantidad de países que no pertenecen al anexo-I y que no están obligados a realizar reducciones, y con Estados Unidos todavía sin formar parte de Kioto. Un Protocolo de Kioto revisado debería adaptar las reducciones de acuerdo con consideraciones del coste marginal de atenuación, en lugar de asignar porcentajes de reducción casi idénticos. Estas exigencias uniformes no resultan ren-

tables, ya que los costes marginales de atenuación no son iguales para las diferentes partes. Ello, a su vez, pone las cosas muy difíciles a corto plazo para las economías que dependen del carbón y que tienen pocas fuentes de energía nuclear o de otro tipo.

VII. PROTOCOLO DE KIOTO: PRONÓSTICOS DE ACCIÓN COLECTIVA

El cuadro n.º 5 indica cómo han cambiado los pronósticos para la acción colectiva del Protocolo de Kioto en los últimos años. Este cuadro tiene puntos correspondientes a los del cuadro n.º 3. Los aspectos de acción colectiva que no han cambiado desde la formulación del Protocolo de Kioto han perdido la letra cursiva. Se puede decir que sigue habiendo dudas importantes, se necesita un gran número de países para que tenga éxito, los costes siguen superando a los beneficios, las fugas

siguen siendo importantes y el mayor contaminador de GEI no forma parte del tratado. En el cuadro número 5, los cambios en los inhibidores iniciales están destacados en cursiva. Ahora existen más pruebas de que los incrementos antropogénicos de emisiones de GEI están calentando el planeta. Sin embargo, el IPCC (2007) no es preciso sobre el impacto sobre la temperatura, ya que indica un rango amplio. Además, sigue habiendo controversia acerca de los mejores niveles de compromiso, porque existe desacuerdo acerca de la tasa de actualización y los supuestos del modelo. Algunos países en vías de desarrollo claves seguirán creciendo económicamente, de manera que el porcentaje de emisiones cubierto por los países del anexo-I disminuirá, lo cual aumentará el problema de fugas, a menos que los nuevos compromisos abarquen también a algunos países que ahora no pertenecen al anexo-I. Una manera de solucionar esto es asignar reducciones obligatorias pa-

CUADRO N.º 5

NATURALEZA CAMBIANTE DEL PROBLEMA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

- *Se está casi seguro de que los incrementos antropogénicos de concentraciones de GEI en la atmósfera están calentando el planeta.* Sigue habiendo controversia sobre los beneficios netos de cumplir el Protocolo de Kioto, u otras limitaciones a las emisiones de GEI, debido a tasas de actualización y supuestos del modelo. Sigue habiendo dudas sobre las acumulaciones de GEI y el aumento real de la temperatura. Tampoco sigue estando claro cómo afectará el calentamiento global al clima del planeta.
- Es necesario que sean muchos países los que tengan que actuar. *El papel de algunos países que no son del anexo-I se está volviendo crucial.*
- *El sacrificio de la autonomía puede ser menos costoso políticamente cuando se considera en términos de las consecuencias de no tomar medidas.*
- *Es probable que el calentamiento global produzca pocos ganadores debido a posibles eventos extremos. Más igualdad en términos de beneficios.*
- Los beneficios de la acción quedan muy por detrás de los costes en el corto plazo.
- La falta de medidas por parte de los países en vías de desarrollo y Estados Unidos tiene como resultado grandes fugas. *Hay menos países que se resisten a ratificar el tratado.*
- El mayor contaminador con GEI no es uno de los países líderes del Protocolo.
- *La acción colectiva está menos inhibida a escala individual y regional debido a un aumento de la concienciación.*
- *Más seguridad de que la limitación de emisiones GEI produce beneficios.*

Nota: La cursiva en el cuadro significa que se ha producido un cambio desde los inhibidores iniciales.

ra compensar el aumento de emisiones de carbono en países en vías de desarrollo.

A medida que se acumulan las pruebas sobre las consecuencias negativas asociadas al calentamiento global, el supuesto sacrificio de autonomía será considerado menos costoso políticamente. A medida que los desastres sean más probables, disminuirá el número de países que se beneficien con el calentamiento global, lo cual impulsará la acción colectiva. Ahora que Australia, Canadá, Japón y Rusia ya son parte del tratado, el principal país que se sigue resistiendo es Estados Unidos. A medida que la opinión pública norteamericana se vuelve favorable a Kioto, hay más probabilidades de que Estados Unidos ratifique el Protocolo. Los esfuerzos que se realizan a escala local en California y en ciudades norteamericanas para frenar la emisión de GEI son un claro indicio de que Estados Unidos está comenzando a mostrarse favorable a Kioto. También hay cada vez mayor conciencia de que la energía renovable y otras iniciativas para reducir las emisiones de carbono pueden producir beneficios comerciales que pueden compensar en parte las pérdidas en PIB. T. Boone Pickens está patrocinando una campaña mediática para promocionar la energía eólica y otras energías renovables, a fin de limitar la dependencia norteamericana del petróleo extranjero. Si Estados Unidos se une al Protocolo de Kioto, los contaminadores del pasado podrán convencer a algunos países en vías de desarrollo de que hagan un esfuerzo, al menos para

compensar el *crecimiento* previsto de sus emisiones. Por lo tanto, hay motivos para la esperanza. La cuestión real es si la mayoría de países ratificantes cumplirán las reducciones previstas durante el primer periodo de compromiso.

NOTAS

(*) El autor agradece los valiosos comentarios de Clint Peinhardt al borrador de este artículo. La responsabilidad sobre cualquier defecto de éste recae exclusivamente sobre el propio autor.

(1) Son los países industrializados que eran miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en 1992, más los países en proceso de transición a una economía de mercado, en particular, la Federación de Rusia, los estados bálticos y varios estados de Europa central y oriental.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRETT, Scott A. (1999), «Montreal versus Kyoto: International cooperation and the global environment», en Inge KAUL, Isabelle GRUNBERG, y Marc A. STERN (eds.), *Global Public Goods: International Cooperation in the 21st Century*, Nueva York, Oxford University Press: 192-213.
- BENEDICK, Richard E. (1991), *Ozone Diplomacy*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- BROOME, John (2008), «The ethics of climate change», *Scientific American*, 298(6) 97-102.
- BUSNELL, James; Carla PETERMAN, y Catherine WOLFRAM (2008), «Local solutions to global problems: Climate change policies and regulatory jurisdiction», *Review of Environmental Economics and Policy*, 2(2): 175-193.
- The Economist* (2006), «The Heat is On: A Survey of Climate Change», *The Economist*, 9 de septiembre.
- IPCC (2001), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, James J. MCCARTHY, Osvaldo F. CANZIANI, Neil A. LEARY, David J. DOKKEN, y Kasey S. WHITE (eds.), Cambridge, Cambridge University Press.

— (2007), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Susan SOLOMON et al. (eds.), Cambridge, Cambridge University Press.

MURDOCH, James C., y Todd SANDLER (1997), «The voluntary provision of a pure public good: The case of reduced CFC emissions and the Montreal Protocol», *Journal of Public Economics*, 63 (2): 331-349.

MURDOCH, James C.; Todd SANDLER, y Keith SARGENT (1997), «A tale of two collectives: Sulphur versus nitrogen oxides emission reduction in Europe», *Economica*, 64(2): 281-301.

NORDHAUS, William (2007), «A review of the *Stern Review* on the economics of climate change», *Journal of Economic Literature*, 45(3): 686-702.

OLSON, Mancur (1965), *The Logic of Collective Action*, Cambridge, MA, Harvard University Press.

SANDLER, Todd (1997), *Global Challenges: An Approach to Environmental, Political, and Economic Problems*, Cambridge, Cambridge University Press.

— (2004), *Global Collective Action*, Cambridge, Cambridge University Press.

SANDLER, Todd, y Keith SARGENT (1995), «Management of transnational commons: Coordination, publicness, and treaty formation», *Land Economics*, 71(2): 145-162.

SCHELLING, Thomas C. (2007), «Climate change: The uncertainties, the certainties and what they imply about action», *Economists' Voice*, 4(3), artículo 3, en <http://www.bepress.com/ev/vol4/iss3/art3>.

STERN, Nicholas (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge, Cambridge University Press.

WEITZMAN, Martin L. (2007), «A review of the *Stern Review* on the economics of climate change», *Journal of Economic Literature*, 45(3): 703-724.

WOLFSON, Richard (2008), *Energy, Environment, and ClimateK*, Nueva York, W. W. Norton & Co.

YOHE, Gary W.; Richard S. J. TOL; Richard G. RICHELIS, y Geoffrey L. BLANFORD (2008), «Global warming», *Copenhagen Consensus 2008 Challenge Paper*, en <http://www.copenhagenconsensus.com/Default.aspx?ID=1148>.