

ESTUDIO

CALENTAMIENTO MUNDIAL: ¿APOCALIPSIS O FALSA ALARMA?*

Roger Bate y Julián Morris

En este trabajo se sostiene que la llamada teoría del "calentamiento de la Tierra" o "efecto invernadero intensificado" no tiene suficiente respaldo empírico, por lo que resulta del todo desaconsejable adoptar políticas restrictivas en materia de emisión de gases de invernadero (GI). El "efecto invernadero" existe —señalan los autores—, pero el "calentamiento global" constituye una teoría cuestionable.

Durante los últimos cien años las variaciones en la temperatura de la Tierra han estado dentro de los rangos normales, y ellas se relacionan

ROGER BATE. B.A. en Economía, Thames Valley University. Master of Science en Economía del Medio Ambiente y Recursos, University College (Londres). Ph. D (c), Cambridge University, donde dicta actualmente el curso de Economía del Medio Ambiente. Director de la Unidad de Medio Ambiente del Institute of Economics Affairs (IEA). Columnista regular de *Economic Affairs*.

JULIÁN MORRIS. M.A. en Economía, University of Edinburgh. Master of Science en Economía del Medio Ambiente y Recursos, University College (Londres). Investigador en el área del medio ambiente en el Institute of Economics Affairs (IEA).

* Roger Bate y Julián Morris, *Global Warming: Apocalypse or Hot Air?* (© Institute of Economic Affairs, 1994). Traducido del inglés por el Centro de Estudios Públicos y reproducido con la debida autorización.

Los autores agradecen a John Blundell por el apoyo brindado en la realización de este trabajo, y a Lorraine Mooney por haber leído los borradores preliminares. Roger Bate agradece a la Fundación Earhart de Ann Arbor, Michigan, por el auspicio otorgado para este trabajo.

más con el ciclo solar que con los cambios habidos en la concentración de GI. Es cierto que las concentraciones de CO₂ han aumentado en la segunda mitad de este siglo, pero altos niveles de CO₂ bien pueden ser beneficiosos. Con todo, concluyen los autores, la incertidumbre que existe acerca de los efectos "globales" de los GI debiera llevarnos a preocuparnos más por la introducción de restricciones a su emisión que por su no introducción.

Los autores revisan a continuación los análisis de costo-beneficio que acompañan a las recientes propuestas que se han formulado en los países de Europa occidental para imponer límites a las emisiones de GI (basadas, a su vez, en el supuesto fenómeno del calentamiento de la Tierra). Nuevamente, el fuerte componente de "incertidumbre" en la determinación de los costos y beneficios de limitar los GI, señalan los autores, bastaría para desestimar la idea de imponer restricciones en esta materia. Las políticas sugeridas, en términos de fijación de impuestos al uso de combustibles fósiles y de subsidios a la eficiencia en el uso de energía, concluyen Roger Bate y Julián Morris, son ambas innecesarias e ineficientes; por otro lado, el propuesto financiamiento estatal para la investigación en climatología y geoingeniería alejará la inversión del sector privado en materia ambiental y favorecerá los falsos consensos.

Según en quién confiemos, el "calentamiento de la Tierra" va a destruir la agricultura del globo o bien la va a enriquecer; hará que los mares suban a medida que el hielo se derrita, o los hará bajar a medida que se forme hielo sobre la tierra; hará que los veranos sean insoportablemente calurosos o bien sólo conducirá a inviernos suaves.

Lo irónico, por cierto, está en que hace sólo unos pocos años los modelos de patrones climáticos —sobre los cuales se basa la mayoría de los modelos de calentamiento global— eran tan deficientes que la gente se reía abiertamente ante los pronósticos de tormentas u olas de calor para el día siguiente. En 1987, por ejemplo, la Oficina Meteorológica no pudo pronosticar, aun con 12 horas de anticipación, la severidad de la tormenta más devastadora de los cien últimos años en Gran Bretaña.

En vista de las grandes incertidumbres que encierra la formulación de pronósticos (problema conocido por la mayoría de los economistas), debemos ver con escepticismo toda teoría relativa al porvenir del mundo que se proclame como un hecho. En particular, debemos mirar, con especial escepticismo a quienes estiman necesario exagerar sus pretensiones para convencernos de la validez de sus asertos. Es el caso del Dr. Stephen Schneider, protago-

nista de la teoría del calentamiento mundial y asesor del Vicepresidente de los EE.UU., Albert Gore Jr. En octubre de 1989, Schneider concedió una entrevista a la revista *Discover*, en la que sostuvo:

Para capturar la imaginación del público (...) tenemos que ofrecer algunas hipótesis aterradoras, hacer declaraciones dramáticas, simplificadas, y mencionar apenas las dudas que pudiésemos tener (...). Cada uno de nosotros tiene que decidir cuál es el equilibrio correcto entre ser eficaz y ser honrado. Espero que ese equilibrio signifique las dos cosas.¹

Con estas confesiones, los asertos de los protagonistas resultan dudosos, especialmente ante la carencia de pruebas que los corroboren. Una encuesta realizada en 1991 entre los miembros de la American Meteorological Society concluyó:

Entre los que se dedican activamente a la investigación [en climatología] y publican con frecuencia en revistas especializadas, el 0% piensa que se ha producido hasta la fecha algún calentamiento.²

No obstante esa falta de apoyo empírico, la "comunidad internacional" ha estimado del caso propiciar una acción internacional. Luego de la Cumbre de Río realizada en junio de 1992, funcionarios gubernamentales optaron por limitar las emisiones de gases de invernadero del año 2000 a los niveles de 1990.³

En este trabajo deseamos presentar las pruebas en pro y en contra de las diversas teorías que procuran explicar las variaciones climáticas en el tiempo; explicar por qué una teoría, la del efecto del aumento en las trazas de gases atmosféricos, ha llegado a dominar el debate; analizar cómo los economistas han contribuido al debate, y sugerir de qué manera los responsables de formular políticas deben responder.

¹ *Discover Magazine*, octubre de 1989.

² R. S. Lindzen "Global Warming: The Origin and Nature of Alleged Scientific Consensus", seminario de la OPEP sobre el ambiente, Viena, 13-15 de abril de 1992. Richard Lindzen es, desde 1983, Sloan Professor de meteorología en el MIT.

³ La historia de este reglamento sigue un curso conocido. Hace varios años que los grupos de presión ambientales han venido promoviendo la *visión apocalíptica*: tanto éxito han tenido estos agentes de la fatalidad que ya a fines de los años ochenta la ONU decidió encargar un informe sobre las pruebas científicas del cambio climático, que fue el informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). La revista científica *Nature* publicó un importante artículo editorial (15/11/90) acerca de la actitud despreocupada de los funcionarios del IPCC respecto de las opiniones

I. ESQUEMA DE LA CIENCIA DEL CALENTAMIENTO DE LA TIERRA

El efecto de invernadero

La temperatura del espacio interestelar es de -250°C aproximadamente, en tanto que la temperatura promedio de la Tierra es de 15°C . La diferencia de 265°C se debe, en gran medida, a la irradiación del Sol, si bien se atribuyen 20°C a los gases atmosféricos de la Tierra,⁴ los que causan el "efecto de invernadero".⁵ Sin dicho efecto, la temperatura promedio de la Tierra sería de -5°C , y el planeta sería inhabitable.

Los gases de invernadero (GI), como el CO_2 y el vapor de agua,⁶ son transparentes a la radiación de onda corta (por ejemplo, la luz del Sol), pero opacos ante la radiación de onda más larga (por ejemplo, la infrarroja que emite la Tierra). Estos gases, por tanto, dejan pasar la luz del Sol que entibia la Tierra, pero atrapan la radiación infrarroja de la Tierra y calientan el planeta en 20°C .

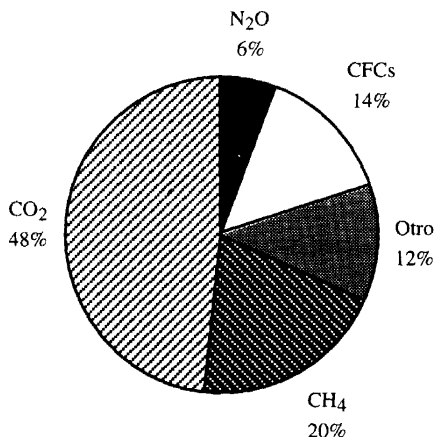
minoritarias. En él decía: "La omisión de analizar las opiniones contrarias, por parte del IPCC, incluso quizás su despreocupación por ellas, fue un error (...); hay muchas ilustraciones recientes de cómo la opinión generalizada resultó equivocada". La ONU, posteriormente, celebró la Conferencia sobre Ambiente y Desarrollo (UNCED), que se realizó en Río de Janeiro en junio de 1992. En esta conferencia, muchos gobiernos, evidentemente convencidos por las consecuencias políticas de no tomar medidas y conscientes quizás de las posibilidades de ingresos tributarios y control burocrático, firmaron el Convenio Marco sobre Cambio Climático (UNFCCC).

⁴El nitrógeno y el oxígeno, que componen el 99% de la atmósfera, no desempeñan ningún papel en el efecto de invernadero.

⁵La nieve, el hielo, las nubes o el vapor de agua, y otros "cuerpos blancos" reflejan buena parte de la radiación de onda corta entrante y la devuelven al espacio (el "efecto albedo"). Por tanto, se calcula que la radiación solar se reduce en 30% respecto de la de un planeta comparable o "cuerpo negro". Ciertos climatólogos sostienen que, gracias a este efecto albedo, el calentamiento de invernadero es de 33°C , y no de 20°C . Ellos arguyen que si no hubiera gases de invernadero (GI) se podría calcular la diferencia en 33°C . Pero al suponer que no hay GI también se eliminan todas las nubes, nieves y hielos reflectantes, por tanto el albedo es menor y más radiación llegaría a la Tierra. Lo fundamental es que estos climatólogos sobreestiman la capacidad de los GI para calentar el planeta y por tanto asignan a estos gases un potencial de calentamiento superior al que poseen.

⁶Otros GI de importancia son los siguientes: óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), clorofluorocarbonos (CFC). Los dos primeros ocurren en la naturaleza y han existido durante miles de millones de años, en tanto que los CFC no existían en la atmósfera antes de la intervención humana. El N_2O proviene de la combustión de combustibles fósiles y biomasa; el CH_4 procede de los combustibles fósiles, los arrozales y el estómago de los rumiantes, como el ganado vacuno y ovino, y las termitas; los CFC provienen de los refrigerantes, aerosoles y solventes industriales. Hay más detalles sobre los GI en R. Balling, *The Healed Debate: Greenhouse Predictions vs Climate Reality* (San Francisco: Pacific Research Institute, 1992).

GRÁFICONº 1 POTENCIAL RELATIVO DE CALENTAMIENTO DE INVERNADERO DE LAS EMISIONES



Fuente: P. Michaels, *op. cit.*, p. 13, citando a la Agencia de Protección Ambiental.

Cada uno de estos gases tiene un potencial de GI diferente, es decir, cada uno de ellos atrapa, por molécula, una cantidad distinta de radiación. Para que se pueda comparar la contribución de cada uno de los gases, en términos de GI, se calcula la contribución relativa de CO₂. Si bien todos los demás GI antropogénicos (producidos por el hombre) tienen un potencial de GI superior al del CO₂, su concentración atmosférica es baja, de modo que su contribución total es menor. El Gráfico Nº 1 ilustra el potencial de GI relativo de las emisiones⁷ antropogénicas.⁸

⁷ El vapor de agua "representa cerca de 70% del efecto de radiación total" (Balling, *op. cit.*, p. 17), pero no aparece en el Gráfico Nº 1 porque las actividades del hombre no alteran su concentración.

⁸ Como lo señala el Dr. John Emsley (químico del Imperial College, Universidad de Londres): "El CO₂ se aproxima a su punto de saturación y por tanto el papel del CO₂ en cualquier calentamiento va a disminuir [relativamente] con el tiempo". ("The Global Warming Trial", BBC Radio Four, 16 de septiembre de 1993.) Steven Schneider explicó el fenómeno como sigue: "Al agregar más CO₂ no se aumenta apreciablemente la opacidad infrarroja de la atmósfera (...) porque la banda de 15 micrones del CO₂ (...) se satura", (*Science*, 1971). Aclaremos: los gases sólo absorben la radiación a frecuencias precisas (aquellas que equivalen a la frecuencia en que las moléculas son "resonantes"). Una vez que se ha absorbido toda la radiación en dichas frecuencias precisas, si se agrega más gas no se aumenta la cantidad global de absorción, y se dice que estas frecuencias están "saturadas" (en forma análoga a la salmuera, por ejemplo, cuando ya no se disuelve más sal en ella).

El término "efecto de invernadero" no es del todo exacto: el CO₂ y el vapor de agua, igual que el vidrio, retienen con eficiencia la radiación de onda larga saliente, pero los invernaderos auténticos retienen el calor porque impiden principalmente la convección.

El efecto de invernadero intensificado

En 1986, hablando por red de televisión, el senador Albert Gore Jr. (hoy Vicepresidente de los Estados Unidos) declaró que "ya no hay desacuerdo importante en la comunidad científica respecto a que el efecto de invernadero es efectivo". Pero, como lo señala el profesor Michaels, lo dicho

es tan revelador como decir que hoy todos los hombres de ciencia están de acuerdo en que la Tierra es redonda. Lo que se insinúa y la conexión que la mayoría de la gente hace es que todos los científicos concuerdan en que las temperaturas del mundo están subiendo de manera catastrófica como consecuencia del efecto de invernadero intensificado. Esa conclusión es, sencillamente, un error.⁹

El efecto de invernadero intensificado (también conocido popularmente con el nombre de "calentamiento mundial") es una teoría que propuso primero Svente Arrhenius,¹⁰ en 1896, según la cual las cantidades agregadas de GI, debidas a la actividad del hombre, van a atrapar más radiación infrarroja y, en consecuencia, pueden conducir a un aumento de las temperaturas atmosféricas.

El efecto de invernadero se tiene por un hecho, pero el efecto de invernadero intensificado es una teoría sin comprobar. Nunca ha habido consenso científico (si bien hoy existe consenso popular) en que las actividades del hombre han estado ocasionando un calentamiento la Tierra. De hecho, después de Arrhenius parece que se habló poco del efecto de invernadero intensificado hasta los años cincuenta, cuando volvió a ponerse de moda, probablemente debido a algunos veranos calurosos.¹¹

⁹ Patrick Michaels, *Sound and Fury: The Science and Politics of Global Warming* (Washington D. C: Cato Institute, 1992), p. 9. Patrick Michaels es climatólogo de la Mancomunidad de Virginia y es miembro del Cato Institute.

¹⁰ S. Arrhenius, "On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground", *Philosophical Magazine*, Vol. 41, 1896, pp. 237-276.

¹¹ La persona que más influyó en ello fue el difunto profesor de ciencias oceánicas Roger Revelle, del Scripps Institute of Oceanography, Universidad de California (La Jolla).

Los años sesenta y setenta fueron más frescos que los cincuenta y la teoría del calentamiento global perdió terreno ante la teoría de la edad de hielo. El enfriamiento global tuvo muchos adherentes, como el calentamiento los tiene hoy, y la culpa se hizo recaer también sobre el hombre. Se pensó que el polvo, como subproducto de la actividad industrial, reflejaba la luz del Sol desviándola de la superficie de la Tierra, con lo que el planeta se enfriaba.¹² De libros como *Ice* (Hielo), de Sir Fred Hoyle, *The Cooling* (El enfriamiento), de Lowell Ponte, y *The Génesis Strategy* (La estrategia del Génesis), de Stephen Schneider, se vendieron millones de ejemplares.

El furor actual relativo al calentamiento global comenzó en realidad en 1988. En junio de ese año, James Hansen, director del Goddard Space Institute de la NASA, declaró ante el Senado estadounidense que "el calentamiento global es hoy lo suficientemente grande como para que con un alto grado de confianza podamos atribuir al efecto de invernadero una relación de causa y efecto".¹³

La prensa, siempre deseosa de predicciones apocalípticas, publicó anuncios de catástrofes en ciernes y recogió el pronóstico de Hansen, en el sentido de que 1988 sería el año más caluroso jamás registrado. Hansen se equivocó, lo que quizás no cause extrañeza, pero el daño estaba hecho.

Breve historia de los modelos climáticos

Todos los modelos climáticos tienden a explicar los cambios de clima más notables. El conocimiento que el modelador tiene de química y física atmosféricas sirve entonces para simular cambios de clima debido a un fenómeno inducido, como por ejemplo el aumento del bióxido de carbono al doble.

El punto Tierra — los modelos de dimensión cero

Arrhenius hizo modelos de cambios climáticos como si la Tierra fuera un punto, analizando simplemente las corrientes netas de radiación. Sabía que los GI reducían las salidas de radiación y calculó que un aumento de CO₂ al

¹² Véanse las observaciones de Schneider en la nota 8.

¹³ Declaración ante el Comité de Energía y Recursos Naturales del Senado, 23 de junio de 1988.

doble conduciría a un aumento de 5°C en la temperatura, y que un aumento de 50% en el CO₂ causaría un aumento de 3°C en la temperatura. Otros modelos de este tipo, con un aumento de CO₂ al doble, produjeron resultados semejantes: Plass (3,6°C),¹⁴ Moller (1,5°C).¹⁵

Pese a su modelo simplista, Arrhenius sabía que los efectos regionales del cambio de temperatura serían decisivos. Si el aumento se produce en invierno, de noche y en latitudes elevadas, como propuso el propio Arrhenius, ¿no mejorarían los rendimientos de los cultivos? El profesor Michaels explica que

lo que importa es *cómo* cambia el clima. El "cómo" abarca aspectos relativos al tiempo, la estacionalidad, la distribución espacial de los cambios e, incluso, si los cambios se distribuyen o no en igual forma entre el día y la noche.¹⁶

La línea Tierra — los modelos unidimensionales

Estos modelos constituyen los primeros intentos de acercarse a responder la pregunta acerca del "cómo". En ellos se extiende el "punto Tierra" en una línea hasta la parte superior de la atmósfera, con una serie de puntos situados en distintos lugares de la atmósfera, los que forman una línea vertical. Dichos puntos comprenden más física atmosférica que el punto solo, con uso de física básica de las nubes y procesos de convección.

La influencia de diversos gases se podría especificar con cuidado en un modelo radiante-convectivo como éste. [Este modelo] se adapta notablemente al problema del invernadero¹⁷

No obstante, estos modelos pronosticaron aumentos parecidos de la temperatura, alrededor de 4°C, a partir de un aumento al doble de la cantidad de CO₂.¹⁸

¹⁴ G. Plass, "The CO₂ theory of climate change", *Tellus*, 8, 1956, pp. 140-153.

¹⁵ P. Moller, "On the influence of changes in the CO₂ concentration in air on the radiation balance of the earth's surface and on the climate", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 68, 1963, pp. 3.877-3.886.

¹⁶ P. Michaels, *op. cit.*, p. 31.

¹⁷ R. Balling, *op. cit.*, p. 35.

¹⁸ S. Manabe y R. Wetherald, "The effects of doubling the CO₂ concentration on the climate of a general circulatory model", *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 32, 1975, pp. 3-15.

Tierra plana — modelos tridimensionales

a) *Modelos de tierra-atmósfera*

Entre éstos se cuentan los modelos verticales de tierra-atmósfera, como los anteriores, pero que detallan también los componentes latitudinales y longitudinales del planeta. Normalmente se realizan en reticulados de 500 km², lo que significa, si bien a nivel primitivo, que se necesitan muchos miles de retículos para representar la Tierra. El componente vertical sube a muchos kilómetros de altura y hay más de 20.000 casilleros para abarcar toda la Tierra. Estos modelos son extremadamente complejos y ocupan meses de tiempo de supercomputadores para predecir un decenio de cambio, pero en principio deben monitorear el clima con más precisión que los modelos de una sola dimensión.

b) *Modelos de tierra-atmósfera-océano*

Otros modelos más avanzados (a menudo se trata de uno de los modelos de tierra-atmósfera actualizado) intentan agregar las interacciones de océano-atmósfera, además de la actividad de tierra-atmósfera.

Tanto los modelos (a) y (b) aludidos se conocen con el nombre de Modelos de Circulación General (MCG), porque procuran modelar todos los patrones eólicos de la Tierra. Ellos también comprenden ecuaciones diferenciales cuyo propósito es

simular cambios en la presión atmosférica (...) [corrientes netas de radiación] (...), patrones térmicos, vectores eólicos, niveles de humedad, precipitación, nubes, hielo y nieve, etcétera (...). Estos modelos (...) constituyen logros tremendos en computación, matemáticas aplicadas y física atmosférica.¹⁹

No obstante, aun los MCG más modernos son "extremadamente primitivos"²⁰ y, como señala Michaels, dichos MCG

se diseñaron como herramientas de enseñanza e investigación para el estudio avanzado de la atmósfera. Su propósito inicial no fue el de "predecir" el futuro y los investigadores serios, en su mayoría, pasan mucho más tiempo quejándose de las limitaciones de los MCG que celebrando sus pronósticos.²¹

¹⁹ R. Balling, *op. cit.*, p. 36.

²⁰ R. Lindzen, "The Global Warming Trial", BBC Radio Four, 16 de septiembre de 1993.

²¹ P. Michaels, *op. cit.*, p. 32.

Estos modelos predicen aumentos de temperatura, respecto de un aumento al doble de la cantidad de CO₂, parecidos a las predicciones de los modelos más simples, entre 1,9°C y 5,2°C. Los MCG avanzados son tan complejos que se necesitan equipos de científicos para diseñarlos y manejarlos. Por eso se tiende a conocerlos por el nombre de las instituciones y no por el de los científicos individuales. El Cuadro N° 1 muestra las predicciones de los modelos más importantes.

CUADRO N° 1 AUMENTO DE TEMPERATURA CON ALZA DE CO₂ AL DOBLE, SEGÚN PRONÓSTICOS DE MODELOS (°C)

Modelo	°C
Oficina Meteorológica del Reino Unido (UKMO)	1,9-5,2
Universidad del Estado de Oregon (OSU)	2,8 - 4,4
Instituto Goddard de Estudios Espaciales (NASA)	3,9 - 4,8
Laboratorio Geofísico de Dinámica de Fluidos (GFDL)	2,0 - 4,0

Fuente: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, *IPCC Scientific Assessment* (Cambridge: CUP, 1990), pp. 69-91.

Datos climáticos

Los gases de invernadero (GI)

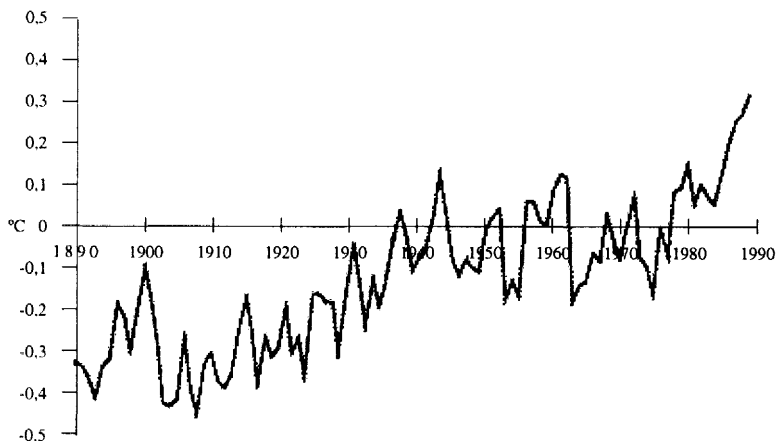
Pocas cosas son ciertas en climatología. Sin embargo, al parecer, dos características se han aceptado como hechos. La primera, como ya se dijo, es que el "efecto de invernadero" es una realidad; la segunda es que la actividad del hombre en los dos últimos siglos ha conducido a un aumento de entre una cuarta y una tercera parte en el CO₂ atmosférico. Se han detectado también aumentos parecidos en otros GI:

Niveles equivalentes de CO₂ [aumento total en todo el potencial de calentamiento debido a GI] eran de 290 ppm [partes por millón], aproximadamente, al comienzo de la Revolución Industrial; ya en 1900 el CO₂ equivalente había subido a alrededor de 310 ppm (...). En 1990, el mejor cálculo de CO₂ equivalente da 430 ppm; desde el comienzo de la Revolución Industrial hemos aumentado el CO₂ en 50%, aproximadamente.²²

Ninguna fuente de prestigio ha refutado estos datos.

²²R. Balling, *op. cit.*, p. 32.

GRÁFICO N° 2: ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA MUNDIAL PROMEDIO
1890-1990, BASADA EN EL PERÍODO DE REFERENCIA 1950-1979



Fuente: Trenas, 1991 (Oak Ridge, Tennessee: CDIAC, 1991).

Temperatura

La temperatura de la superficie del planeta ha variado mucho en el último milenio. En 1200 d. C. había extensos viñedos en el sur de Inglaterra y la temperatura media era 2°C más alta que hoy. Ya en 1600 Inglaterra se encontraba en medio de aquella pequeña edad de hielo, cuando se realizaban "ferias de escarcha" en el río Támesis y la temperatura media era menor, en alrededor 1°C, a la de hoy. Más recientemente, Dickens escribió sobre los "crudos inviernos" del siglo XIX.

En este siglo la medición de la temperatura ha sido más extensa y detallada que nunca antes. Como lo señala el Gráfico N° 2, la temperatura mundial ha fluctuado ampliamente, con un aumento promedio de más o menos

0,5 °C²³ en la primera mitad del siglo, pero con un cambio menor a partir de 1940.²⁴

¿Cómo se desempeñan los modelos?

Las pruebas *expost* de los modelos han revelado graves deficiencias en su capacidad de predicción.

- En promedio, los modelos pronostican que un aumento de 50% en los GI debe conducir a un calentamiento de 2°C. No obstante, la reacción efectiva ante dicho aumento, en el último siglo, sólo se ha acercado al 0,5°C.²⁵
- En los últimos cincuenta años no ha habido ningún cambio de temperatura importante, aun cuando las dos terceras partes de todas las emisiones de GI causadas por el hombre se agregaron en dicho período.²⁶
- Los complejos MCG (y todos los demás modelos) predicen que las latitudes más elevadas deben calentarse más que las regiones ecuatoriales. No obstante, como lo señalaron los dos climatólogos que elaboraron el registro de temperatura que sirvió de base para el informe del IPCC:

En realidad no ha habido calentamiento de las regiones polares, aunque aquí es donde los modelos de computación predicen que el calentamiento debe ser mayor.²⁷

²³ No se calcula una temperatura promedio única por la dificultad de comparar registros de temperatura en distintos sitios. No todos los sitios están a la misma altura ni todas las muestras se toman a la misma hora del día. Mediante una "ponderación adecuada", Jones y Wigley obtienen una suerte de cifra promedio. Toman un lapso de referencia (1950-1979) contra el cual se miden todas las anomalías de temperatura. Los autores escogieron el período de 1950-1979 por ser relativamente estable, pero no explican por qué era preciso escoger un período de referencia cualquiera. No obstante, el cambio de base hace que el aumento de temperatura de los años ochenta aparezca más dramático.

²⁴ P. Jones y T. Wigley, "Global Warming Trends", *Scientific American*, Vol. 263, 1990, pp. 84-91, citado en T. Boden, R. Sepanski y F. Stoss (editores), *Trends 91: A Compendium of Data on Global Change* (Oak Ridge, Tennessee: Carbon Dioxide Information Analysis Center, 1991).

²⁵ Hay intenso debate respecto de la validez de los conjuntos de datos que usan ciertos investigadores; véase más adelante el acápite "Problemas de datos"..

²⁶ P. Michaels, *op. cit.*

²⁷ P. Jones y T. Wigley, *op. cit.*, p. 91.

- Los modelos analizan en primer lugar los efectos de radiación y, en esencia, pasan por alto los otros dos métodos de transferencia térmica: la convección y la conducción. Por ejemplo, el modelo climático de la Oficina Meteorológica del Reino Unido seguía pronosticando en 1991 el mismo nivel de precipitaciones para Irlanda y el desierto del Sahara.
- Para lograr que los modelos calcen con los datos disponibles, los modelistas han hecho presunciones de física atmosférica que se sabe que son falsas. Por ejemplo, en un modelo las nubes aparecen reflejando sólo 90% de la radiación solar que efectivamente reflejan. El profesor Michaels estima que la consecuencia de esto

equivale, aproximadamente, a mover la Tierra unos dos millones de millas más cerca del Sol (...). La disminución [de la acción reflectante de las nubes] era necesaria porque el computador simuló el clima previo al calentamiento intensificado con 5°C menos que la temperatura actual (...), la misma que en plena edad del hielo.²⁸

Otra dificultad está en que los modelistas, ante la dificultad que tienen de simular el clima actual a través de los MCG, no digamos el aumento proyectado de bióxido de carbono, han recurrido a tratar de eliminar de sus predicciones el mundo real. Simulan la Tierra lo mejor que pueden, luego aumentan al doble la concentración de CO₂ y ven cuál es la diferencia de temperatura. El profesor Lindzen explica:

los modelos, en gran medida, se verifican por comparación con otros modelos. Dado que se sabe que los modelos concuerdan entre sí más que con la naturaleza (...), este enfoque no parece prometedor.²⁹

Problemas de datos

Si los datos no calzan con los modelos, entonces hay inexactitudes en los datos o en los modelos, o en ambos. ¿Cuál es la verdad?

Las variaciones de temperatura dependen más de la estación y la latitud que de la concentración de gas, por lo que es difícil encontrar una buena medida de temperatura promedio válida para el planeta. Es probable que la cifra de 0,5°C (la que se cita generalmente) no sea representativa del aumento mundial de temperatura durante el siglo pasado. Un problema que Ballmg

²⁸ P. Michaels, *op. cit.*, p. 32.

²⁹ R. Lindzen, *op. cit.*, p. 4.

destaca es que aunque la mayor parte del planeta se compone de agua, los sensores de temperatura, en su mayoría, están colocados en tierra, peor aún, en zonas urbanas.

¿Calentamiento urbano?

El concreto, el asfalto, los ladrillos y el mortero retienen el calor más que los árboles y el pasto; en los pueblos pequeños hay menos convección; y las ciudades grandes, con sus numerosos vehículos, muchas veces tienen un bajo nivel de ozono, el que actúa en el sentido de producir un mini-efecto de invernadero y atrapa el calor localmente. En general, las zonas urbanas son más calientes que el campo circundante. De hecho, las ciudades grandes, como Londres, suelen tener un par de grados más de temperatura que los condados aledaños (el "efecto de isla de calor urbano"). En un estudio de Ferguson y Clarke³⁰ se demuestra que incluso en pequeños pueblos de los Estados Unidos, con algunos cientos de habitantes, hay efectos de calor urbano mensurables. Por ejemplo, en Realitos (un pueblo tejano de 240 habitantes) había una diferencia urbano-rural en invierno de +0,4°C.

Al darse cuenta de este problema, Balling e Idso³¹ eligieron en EE. UU. 961 estaciones rurales de medición (y descartaron más de 5.000 urbanas) para medir la temperatura en el período 1920-1990, observando un enfriamiento de 0,15°C:

Debemos tener cuidado cuando escuchamos a alguien decir que ha detectado un calentamiento global, porque es posible que lo que detectó haya sido calentamiento URBANO.³²

Actualizaciones

Los adelantos recientes en el uso de sensores satelitales han permitido hacer mediciones de temperatura que no están sujetas a islas de calor. En un

³⁰ Ferguson y Clarke, documento mimeografiado, National Oceanic and Atmospheric Administration, 1984.

³¹ R. Balling y S. Idso, "Historical Temperature Trends in the United States and the Effect of Urban Population Growth", *Journal of Geophysical Research*, No. 94, 1992, pp. 3.359-3.363.

³² Ibídem, p. 3.360.

estudio de la NASA,³³ se midieron las emisiones de microondas de moléculas de oxígeno de la atmósfera inferior, con una precisión de 0,01°C en la determinación de su temperatura. Entre 1979 y 1990 no hubo cambio de temperatura. Las últimas actualizaciones, hasta 1994, siguen sin registrar calentamiento.³⁴ Frente a datos de este tipo (aun reconociendo que el período estudiado es breve), la reacción típica de los defensores más ardientes de la teoría del calentamiento global es la del Dr. Stephen Schneider:

[O]bservar todos los saltos y culebreos del registro es una pérdida de tiempo (...). Por eso yo no le doy mucha importancia a mirar las pruebas directas.³⁵

El Dr. Chris Folland, de la Oficina Meteorológica del Reino Unido (UKMO), colaborador del informe-resumen para responsables de política del IPCC, fue más allá y declaró:

[L]os datos no importan (...). Además, nosotros (la ONU) no basamos nuestras recomendaciones [de reducir de inmediato las emisiones de CO₂] en los datos; las basamos en los modelos climáticos.³⁶

En ningún estudio mundial que hayamos logrado encontrar se hace una diferenciación de sitios rurales. Por consiguiente, es imposible decir qué calentamiento hubo (si lo hubo) en este siglo. No obstante, parece que los datos estuvieran sesgados hacia arriba, de modo que es probable que el aumento de temperatura sea inferior a 0,5°C. Con esto, la predicción promedio de los modelos, que asciende a 2°C, resulta aún menos probable.

En el Gráfico N° 3 se comparan los resultados del estudio de la NASA, que no registra ningún cambio de temperatura, con los datos que aparecen en el Gráfico N° 2 (la fuente de datos que se cita más comúnmente) en el mismo lapso (1979-1990).

³³ R. Spencer y J. Christy, "Precise Monitoring of Global Temperature Trends from Satellite", *Science*, Vol. 247, 1990, p. 1.558; también "Precisión and Radiosonde Validation of Satellite Grid Point Temperature Anomalies", *Journal of Climate*, agosto de 1992.

³⁴ J. R. Christy y R. T. McNiden, *Nature*, Vol. 367, 1994, p. 325.

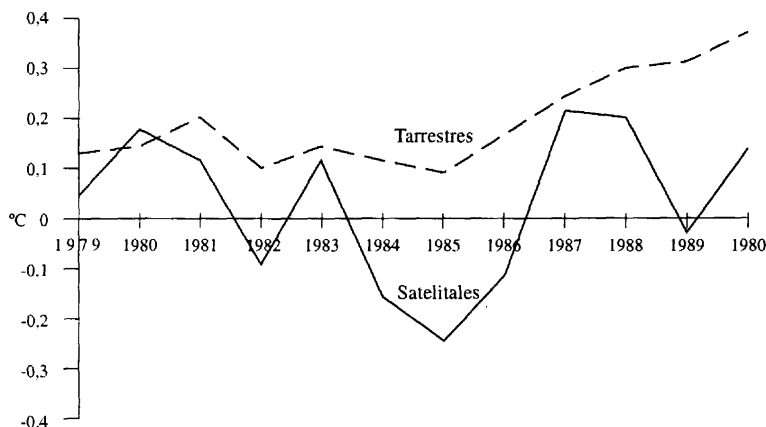
³⁵ Entrevista en "The Greenhouse Conspiracy", Reino Unido, Canal 4 Televisión, agosto de 1990.

³⁶ C. Folland, trabajo presentado en Asheville, Carolina del Norte, aludido en P. Michaels, *op. cit.*, pp. 82-83.

Distintas explicaciones del cambio climático

Los cambios de temperatura hasta de $0,5^{\circ}\text{C}$ en cien años quedan dentro de la fluctuación prevista (cíclica) de variabilidad natural. Se han propuesto diversas explicaciones de esta fluctuación natural.

GRÁFICO N° 3 COMPARACIÓN DE DATOS SATELITALES Y TERRESTRES, 1979-1990



Fuente: CDIAC, *Trends, 1991* (Oak Ridge, Tennessee: CDIAC, 1991).

Actividad solar

Como se observa en el Gráfico N° 2, en el pasado siglo ha habido breves ciclos de calentamiento y enfriamiento. En un estudio de Friis-Christensen y Lassen,³⁷ de noviembre de 1991, se encontró una correlación de 0,95 entre la longitud del ciclo solar³⁸ y la temperatura mundial,³⁹ notablemente más alta

³⁷ E. Friis-Christensen y K. Lassen, "Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated with Climate", *Science*, Vol. 254, 1 de noviembre de 1991, pp. 698-700.

³⁸ Se trata, en el hecho, de una relación inversa. Según se sostiene, cuanto más corto el ciclo, mayor el nivel de radiación y, por ende, de temperatura.

³⁹ La correlación mide la estrechez de la relación entre los cambios en dos conjuntos de datos. La cifra 1 señala que la relación es "perfecta" y 0 señala que no hay relación aparente entre los cambios de los dos conjuntos de datos. La cifra 0,95 indica, pues, una relación muy fuerte.

que la que hay entre temperatura y GI, lo que da a entender que "el factor dominante en los cambios climáticos de los cien últimos años ha sido el Sol y no el efecto de invernadero".⁴⁰

Abundan las explicaciones posibles de las variaciones de temperatura, demasiado largas para esta publicación; es probable que la más pertinente sea la del papel de los aerosoles de sulfatos, que propone Balling.⁴¹

[L]os compuestos de azufre que las grandes erupciones volcánicas inyectan a la estratosfera actúan, por cierto, para enfriar la Tierra al dispersar las radiaciones solares entrantes.⁴²

Efectos del aumento de CO₂ en los cambios climáticos

Aun cuando el efecto del CO₂, en cuanto gas de calentamiento, se acerca a su límite debido a la saturación de la longitud de onda que ya se explicó (véase nota 8), vale la pena detenerse en los efectos de un aumento de CO₂ sobre la vida vegetal.

El CO₂ no es un contaminante sino un gas vital para nuestra supervivencia. Junto con el agua y la luz, el CO₂ es el tercer nutriente clave en la fotosíntesis de las plantas. No obstante, la concentración de CO₂ suele ser lo suficientemente baja como para reducir la actividad fotosintética. Se trata del "nutriente limitante" y, de hecho, ciertas plantas mueren ante concentraciones de CO₂ inferiores a 100 ppm. Los experimentos del profesor Idso⁴³ señalan que gracias a los aumentos de CO₂ aumenta el tamaño de las plantas y mejora el follaje, lo que constituye una clara ventaja para los agricultores, pero, tal vez más asombroso aún, en tales condiciones las plantas necesitan menos agua. Lo dicho significa que las plantas pueden crecer en condiciones más secas y, quizás, podría incluso mejorar el potencial de crecimiento de tierras marginales como la región del Sahel en África.⁴⁴

⁴⁰ R. Jastrow, *Global Warming Update* (Washington D C: George C. Marshall Institute, julio de 1992), p. 19.

⁴¹ R. Balling, *op. cit.*, pp. 119-131.

⁴² *Ibidem*, p. 121.

⁴³ K. Idso, *Plant Responses To Rising Levels of Atmospheric Carbon Dioxide* (Tempe, Arizona: Institute for Biospheric Research, 1992).

⁴⁴ "En cuanto a las reacciones de plantas ante el enriquecimiento atmosférico en CO₂ (...) 93% (...) son positivas (...). [E]l mejoramiento medio del desarrollo con un aumento de 300 ppm de CO₂ en el aire es de 52%. Con un aumento de 600 ppm es de 69%". (K. Idso, *op. cit.*)

Como señaló recientemente el profesor Lindzen,⁴⁵ "[L]a naturaleza normalmente tiene retroalimentaciones negativas; tener retroalimentación positiva, como lo dan a entender los modelos (...) equivaldría a una ingeniería deficiente". El aumento de CO₂ acrecienta la actividad fotosintética, lo que limita la tasa de crecimiento del CO₂ en la atmósfera. Robert Jastrow enfatizó la aseveración de Lindzen al hablar de las nubes y la posibilidad de un calentamiento mundial:

El calentamiento de invernadero puede conducir a la formación de más nubes que protegerán la superficie de la Tierra y enfriarán el planeta. (...). El aumento en la cubierta de nubes sería una retroalimentación negativa.⁴⁶

Además, un temor arraigado en torno al calentamiento global es que los hielos se derretirán, provocando la subida del nivel del mar e inundación de islas enteras. Pero esta hipótesis no ha recibido apoyo de las últimas observaciones satelitales, las que dan a entender que las masas de hielo antárticas crecieron durante los años calurosos de 1980 en adelante, ni de la observación visual de glaciares como el Eventyrisen, de Noruega, que también ha crecido. El crecimiento de los hielos durante años calurosos aumenta el efecto albedo, otra retroalimentación negativa, con la cual se mitiga el efecto de calentamiento.

Conclusión

En conjunto, la evidencia señala lo siguiente:

- El efecto de invernadero, que evidentemente existe, mantiene una temperatura planetaria agradable.
- Las concentraciones de GI han aumentado al doble, aproximadamente, después de la Revolución Industrial. Debido a la saturación de la longitud de onda, el CO₂, que es el GI antropogénico más importante, se aproxima a su límite de calentamiento.
- En el último siglo ha habido un aumento de 0,5°C, aproximadamente, en la temperatura superficial promedio del globo. Un cambio de 0,5°C está dentro de la variabilidad natural. No obstante, es probable que este aumento medido sea atribuible en gran parte al calentamiento urbano y que el calentamiento global efectivo sea muy leve.

⁴⁵ R. Lindzen, comentarios al público durante el programa "Global Warming Triar, BBC Radio Four, 16 de septiembre de 1993.

⁴⁶ R. Jastrow, *op. cit.*, p. 28.

- El efecto de invernadero intensificado (o "calentamiento de la Tierra") es una teoría en alto grado discutible, que no se correlaciona bien con los datos empíricos.
- Los modelos que se usan para predecir el calentamiento de la Tierra, si bien son muy complejos, no abarcan todas las variables posibles, ni siquiera todas las importantes. Las predicciones *ex post* de dichos modelos no se verifican si se las somete a pruebas empíricas.
- En el último siglo, la temperatura se correlaciona más estrechamente con la duración de los ciclos solares que con los cambios en las concentraciones de GI.
- Es probable que los efectos de un aumento de CO₂ sean beneficiosos, ya que entre ellos se cuentan mejores rendimientos de las cosechas y una reducción en las necesidades de agua de las plantas.
- Los efectos del calentamiento, si éste existe, no están claramente establecidos. Si dicho calentamiento se produce de noche, en invierno y en latitudes altas, como se anuncia, los efectos, en conjunto, pueden ser beneficiosos, pero hay demasiada incertidumbre para pronosticar un efecto positivo o negativo.
- Los efectos globales de las emisiones de GI se desconocen; pero es improbable que sean muy buenos o muy malos, porque la "ingeniería" del ecosistema mundial tiende aparentemente hacia la estabilidad. La retroalimentación negativa es, al parecer, la norma. Por ejemplo, los aumentos de temperatura tienden a elevar la precipitación, lo que a su vez hace aumentar la cubierta de nubes y disminuir la temperatura. Las retroalimentaciones negativas existentes señalan que no es probable que ocurra un "apocalipsis climático" (ni por calentamiento ni por edad de hielo) en el futuro previsible.

U. LA ECONOMÍA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

En la primera parte estudiamos las pruebas empíricas en favor y en contra de la hipótesis científica de que las emisiones antropogénicas de GI causan y causarán, según se prevé, un calentamiento considerable de la atmósfera terrestre, y se concluyó que la evidencia en pro de dicho efecto causal es mínima.

En esta parte analizaremos las pruebas en favor y en contra de las aseveraciones que hacen ciertos economistas y otros especialistas en las ciencias sociales, en el sentido de que la posibilidad de un calentamiento global, por leve que sea, exige que se impongan restricciones a las emisiones de GI.

Análisis económico

Desde fines de los años ochenta, los gobiernos de todo el mundo (desarrollado) han gastado sumas inmensas del dinero de los contribuyentes en financiar investigaciones sobre los aspectos aparentemente económicos del "problema del calentamiento global".⁴⁷ En la mayoría de dichos estudios de investigación se concluye que se deben limitar las emisiones de GI, aun cuando dichas declaraciones, dada la incertidumbre científica relativa al efecto de los GI antropogénicos sobre el clima mundial, parecen prematuras. Como lo expresa el profesor William Nordhaus:

Ahora pasamos de la *tierra infirma* del cambio climático a la *térrea incógnita* de los efectos sociales y económicos del cambio climático.⁴⁸

Se han empleado tres tipos principales de análisis.

i) Análisis de costo-beneficio (ACB)

El ACB es un intento de cuantificar todos los costos y beneficios *agregados* de una política determinada. A continuación se enuncian algunos de los problemas más significativos de dicho análisis:

- Para medir los costos y beneficios *agregados*, primero tenemos que conocer los costos y beneficios *individuales*.⁴⁹ Como no podemos ni observar ni predecir el efecto de una política sobre las personas, dicho cálculo agregado es imposible.
- Una consecuencia de desconocer los efectos de una política sobre los individuos, cosa que hacen, de hecho, los analistas de costo-beneficio, es que las políticas que se basan en dichos ACB culminan, inevitablemente, en ganancias para algunas personas (con frecuencia identificables)

⁴⁷ De hecho, la literatura data, por lo menos, de fines de los setenta: véase, por ejemplo, W. D. Nordhaus, *Strategies for the Control of Carbon Dioxide*, Cowles Foundation Discussion Paper No. 443, 1977; y W. D. Nordhaus, "Economic Growth and Climate - the Carbon Dioxide Problem", *American Economic Review*, Vol. 67, N° 1, 1977, pp. 341-346. Pero, como con tantas políticas "públicas", hubo financiamiento en escala gigantesca sólo después de que los grupos de presión lograron expresarse con fuerza suficiente.

⁴⁸ W. D. Nordhaus, "To Slow or Not To Slow: The Economics of the Greenhouse Effect", *Economic Journal* Vol. 101, 1991, pp. 920-937.

⁴⁹ Una medición *agregada* es evidentemente la suma de mediciones *particulares*; afirmar lo contrario es ilógico.

- a expensas de otras personas (raras veces identificables). Está claro que semejante redistribución arbitraria no es deseable.
- El ACB necesita información, no sólo acerca de las preferencias de los individuos vivientes, sino también de la de todos los individuos a los que la política va a afectar alguna vez. Está claro que no se dispone de dicha información.
 - Incluso quienes opinan que podemos estimar con precisión los efectos de una política, en todos los afectados, deben decidir cómo ponderar las preferencias personales. Parte central de este debate ha sido la cuestión de cómo actualizar correctamente el futuro. Puesto que las tasas de actualización varían según los individuos, no es extraño que la "tasa social de actualización" haya resultado esquivada:⁵⁰ estimarla es imposible.

ii) Análisis de costo

Se ha propuesto que, ya que los responsables de formular las políticas parecen resueltos a regular las emisiones de GI, deberíamos preguntar cuál podría ser el costo de dichas políticas. Es verdad que se podrían estimar los costos de políticas alternativas, pero dichas estimaciones no pueden justificar a las políticas mismas. Por ejemplo, si las pruebas científicas de una amenaza derivada del calentamiento de la Tierra son insuficientes para justificar una política que las reduzca, la identificación de una política de reducción de "bajo costo" no tiene sentido.

El problema principal de dichos análisis de costos está, como lo veremos, en que los cálculos se basan en pronósticos de un futuro extremadamente incierto.

iii) La teoría de juegos

La economía, con el disfraz de la teoría de juegos, ha pretendido estimar la probabilidad de obtener la colaboración internacional para reducir las emisiones de GI. Dichos estudios (normalmente basados en ACB) son

⁵⁰ Scott, por ejemplo, estimó que la tasa social de actualización era entre 1 y 10,5 por ciento anual (M. Scott, "The Test Rate of Discount and Changes in Base-Level Income in the United Kingdom", *Economic Journal*, junio de 1977), un margen demasiado amplio para tener aplicación práctica.

pesimistas sin excepción respecto a la posibilidad de colaboración en torno a un tratado sobre GI (porque, aun suponiendo que los apocalipsis climáticos fueran efectivos, los beneficios de la colaboración no son muy superiores a los costos). Es decir, aun cuando se alcanzara un entendimiento en principio, es improbable que fuera estable y tendría escasas esperanzas de ratificación, dado que siempre es posible que una de las partes tenga algún incentivo para echarse atrás.⁵¹

Medición de costos y beneficios

Aun cuando estimamos que los argumentos que se citan más arriba en contra del uso de ACB son arrolladores, hay otros problemas relativos a las técnicas de medición que se emplean. Ya que estas técnicas constituyen la mayor parte de la investigación económica financiada con dinero de los contribuyentes, haremos un análisis más detenido de su uso.

Para medir los costos y beneficios de una política que habrá de tener efectos sobre la actividad económica durante muchos años, es a todas luces necesario poder predecir dichos efectos. Muchos equipos de economistas han elaborado modelos de pronóstico, precisamente con tal objeto. Como los modelos climáticos, todos los modelos de pronóstico económico "no son sino una serie de ecuaciones diferenciales interactuantes".⁵² Pero lo dicho simplifica exageradamente la situación, porque hay algunas diferencias en la estrategia de modelación. Vale la pena, pues, describir brevemente los cuatro tipos principales de modelos.

Taxonomía de los modelos

1. *Los modelos de equilibrio parcial desagregado* usan pronósticos de ciertas variables "exógenas"; las más típicas son los precios de los

⁵¹ El espacio no nos permite analizar estos asuntos con más extensión aquí, pero véanse, por ejemplo, R. F. Kosobud y T. A. Daly, "Global Conflict or Cooperation over the CO₂ Climate Impact?", *Kyklos*, No.37, pp. 638-659; S. Barrett, *Convention on Climate Change: Economic Aspects of Negotiations* (París: OCDE, 1992), y S. Barrett, "Self-Enforcing International Environmental Agreements", Londres, Business School, documento mimeografiado, agosto de 1992.

⁵² P. Michaels, *op. cit.*, p. 82.

combustibles y el crecimiento demográfico,⁵³ que sirven para determinar el nivel básico de uso de energía. Luego, una función energía-PIB determina el nivel efectivo del PIB.⁵⁴

La validez predictiva de dichos modelos depende tanto de la exactitud de los pronósticos derivados de las variables exógenas como de la validez de las especificaciones de la función de precios. No conocemos ninguna prueba de la validez ni *expost* ni *ex ante* de esta especificación funcional.

2. *Los modelos de crecimiento de equilibrio parcial* toman habitualmente el PIB y el cambio tecnológico como variables "exógenas" y usan una función de producción agregada (normalmente en una modalidad de elasticidad constante de sustitución o ECS) para determinar la producción económica global.

Los problemas de esta especificación se parecen a los de la modalidad desagregada, aunque en este caso ha quedado demostrado que la especificación del modelo es una mala representación del mundo "real" (*ex post*); Boero y otros señalan que las funciones de producción de ECS "han fracasado en casi todas las pruebas económicas que han debido enfrentar".⁵⁵

Ambas clases de modelos de equilibrio parcial se han usado, en casos típicos, para estimar los costos de aplicar políticas de control de las emisiones de GI mediante alzas en el precio de los combustibles fósiles.⁵⁶

3. *Los modelos de control óptimo* van un paso más lejos que los modelos de crecimiento, en cuanto incluyen las retroalimentaciones ambienta-

⁵³ Suele suponerse que los precios siguen una función logística y la población, una tendencia. En el mundo real, por cierto, ni la población ni el precio de la energía son auténticamente exógenos.

⁵⁴ El principal ejemplo de especificación de este tipo es el modelo de la International Energy Authority/Oak Ridge Associated Universities que desarrollaron Edmonds y Reilly, y que usan muchos investigadores del calentamiento mundial. Véase J. Edmonds y J. M. Reilly, "A long-run global energy-economic model of carbon dioxide release from fossil fuel use", *Energy Economics*, Vol. 5(2), 1983, pp. 74-88.

⁵⁵ G. Boero, R. Clarke y L. A. Winters, *The Macroeconomic Consequences of Controlling Greenhouse Gases: A Survey* (Londres: HMSO, 1991).

⁵⁶ Otro problema es que dos de los parámetros claves (véase nota 58) de cada modelo, las elasticidades de sustitución entre combustibles y entre factores de producción, han resultado sumamente difíciles de estimar.

les; generalmente procuran maximizar el consumo mundial (o alguna función de éste) durante cierto lapso (el típico es 100 años), sujeto a ciertas limitaciones ambientales y económicas. Adolecen de los mismos problemas que los modelos de crecimiento, pero con frecuencia están sesgados aún más por la inclusión de efectos ambientales espurios.

4. *Los modelos de equilibrio general (EG)* ⁵⁷ difieren de los tipos de modelos ya descritos por cuanto todos los parámetros que se asignan a las variables⁵⁸ (económicas y ambientales) se determinan endógenamente. Dicha especificación ofrece un cuadro más auténtico de la economía mundial, pero los parámetros⁵⁹ son todavía más inestables y están sujetos a la misma crítica que los modelos de control óptimo respecto de las variables ambientales.⁶⁰

Hay otro "tipo" de modelo que se cita con frecuencia en la literatura: es el modelo de insumo-producto o de "abajo hacia arriba", una modalidad muy básica del modelo de equilibrio parcial desagregado, que extrapola los patrones corrientes de uso de la energía. Como lo señalan Boero y otros, "por su naturaleza misma, [ellos] no pueden trazar los efectos de sustituciones simultáneas en todos los sectores y países sobre los precios de los factores".⁶¹ Salvo que tengamos buenas razones para pensar que los parámetros subyacentes son

⁵⁷ Se les denomina también modelos de Equilibrio General "Computarizado" (EGC). Tal vez se trate de un intento de darles una apariencia más refinada. De hecho, todos los modelos descritos necesitan computadores para calibrarlos y simularlos; hacerlo a mano tardaría decenios (pero los resultados serían igualmente pobres).

⁵⁸ Un parámetro es una constante numérica que indica la relación entre dos variables dentro de un modelo.

⁵⁹ Como todos los parámetros se determinan simultáneamente, los pequeños errores en cualquiera de los parámetros se multiplicarán. Puesto que la conducta humana es impredecible (véase, supra, "Problemas del pronóstico de largo plazo"), es improbable que los "valores auténticos" de estos parámetros sean constantes, de modo que los errores se perpetuarán y harán que los pronósticos no sean en absoluto confiables.

⁶⁰ Ejemplos de dichos modelos son los siguientes: J-M Burniaux, J. P. Martin, G. Nicoletti y J. O. Martins, *The Costs of Policies to Reduce Global Emissions of CO₂: Initial Simulation Results with CREEN*, OCDE, Dept. of Economics and Statistics Working Paper 103, junio de 1991; y J. Whalley y R. Wigle, "The International Incidence of Carbon Taxes", en R. Dornbusch y J. M. Poterba (editores), *Global Warming: Economic Policy Responses* (Cambridge, Mass.: MIT, 1991), pp. 233-263.

⁶¹ G. Boero *et al*, *op. cit.*

extremadamente estables (y no las tenemos), dichos modelos no son herramientas confiables de pronóstico.

Problemas del pronóstico de largo plazo

La economía, a diferencia de las ciencias naturales, obtiene sus datos de los actos imprevisibles de los seres humanos. Los pronósticos económicos son un intento de predecir la actividad economía agregada, la conducta económica colectiva de todos los individuos considerados. Si bien las tendencias de la actividad económica se pueden observar *ex post*, es peligroso suponer que esas tendencias van a seguir: es probable que el comportamiento de los individuos cambie, tanto como consecuencia de decisiones autónomas como en reacción ante acontecimientos externos. Predecir cambios en las tendencias, como lo intentan muchos de los modelistas,⁶² exige cierto grado de clarividencia.

El problema principal al intentar predecir el entorno económico de fines del siglo XXI (cosa que hacen muchos modelos ambientales) está en que no conocemos ni los gustos de los futuros habitantes del planeta ni las tecnologías de que se dispondrá para satisfacer esos gustos. Tampoco podemos saber hoy cómo las tecnologías de los siglos XXI y XXII encararían cualesquiera cambios climáticos que pudieran ocurrir.⁶³ Como lo expresa el profesor Thomas Schelling:

Imaginemos que estamos en 1900 y que se proyectan para 1992 cambios climáticos relacionados con un aumento de temperatura de tres grados en promedio. A qué clase de mundo tendríamos que supeponer ya sea un cambio potencial de clima, descrito vagamente, o bien una descripción precisa de cambios meteorológicos en todas las estaciones del año, incluso en el caso de nuestro propio país [EE.UU.]. En el año 1900, por cierto, no habría habido manera de calcular el efecto que tendrían los cambios climáticos en la navegación aérea, la comunicación electrónica, la construcción de rascacielos o el valor de los bienes raíces en California. La mayoría de la gente trabajaba al aire libre; la expectativa de vida era de 47 años (hoy es de 75); apenas una quinta parte de la población vivía en ciudades de 50.000 habitantes o

⁶² Los modelos suelen incluir parámetros tales como la elasticidad de sustitución entre factores de producción, los que simplemente se "adivinan".

⁶³ Si (y es un si muy grande) se producen efectivamente cambios, probablemente la humanidad se adaptará (y a un costo mucho menor que el de limitar las emisiones de GI): véase, más adelante, el análisis de la "geoingeniería".

más. Anticipando la irrupción del automóvil, quizás nos preocuparía saber si las estaciones más lluviosas o más secas traerían más o menos barro, pero no llegaríamos a prever que los caminos del país estarían todos pavimentados. El cálculo de los efectos sobre la salud se efectuaría sin antibióticos ni vacunas. Y en contraste con la inquietud que produce hoy la creencia popular de que tendremos veranos más calurosos en el futuro, creo que nos preocuparían más los inviernos tibios, las heladas más tardías en otoño y el deshielo más temprano en primavera.

Si el mundo (...) va a cambiar tanto en los 90 años próximos como ha cambiado en los 90 años pasados, nos va a resultar muy difícil imaginar los efectos de los cambios climáticos.⁶⁴

En el Cuadro N° 2 se resumen los resultados de los principales estudios que han procurado estimar los costos de limitar las emisiones de CO₂. Todos estos estudios se basaron en distintas reducciones de las emisiones, lo que dificulta la comparación directa. Con todo, existe amplio desacuerdo sobre el impacto que tendrían las políticas. El más notable se da entre Edmonds y Reilly, por un lado, y Mintzer, por otro. Edmonds y Reilly⁶⁵ estiman que un aumento de 162% en el CO₂, respecto de los niveles de 1990, reduciría el PIB en 5%; y Mintzer⁶⁶ calcula que una *disminución* de 67% en el CO₂, respecto de los niveles de 1990, reduciría el PIB mundial en 3%.⁶⁷

Incertidumbre

Ciertos economistas han sugerido que la incertidumbre relativa al efecto probable de un aumento en los GI antropogénicos y, en consecuencia, la incertidumbre que rodea los cálculos del efecto económico de las políticas, podría no afectar el tipo de política escogida. El profesor David Pearce lo expresa en forma sucinta:⁶⁸

⁶⁴ T. C. Schelling, "Some Economics of Global Warming", *American Economic Review*, enero de 1992.

⁶⁵ J. Edmonds y J. M. Reilly, *op. cit.*, pp. 74-88.

⁶⁶ I Mintzer, *A Matter of Degrees: The Potential for Controlling the Greenhouse Effect*, Research Report No. 5, Washington D. C., World Resources Institute, 1987.

⁶⁷ En un intento por resolver el problema de la incertidumbre, varios investigadores han simulado sus modelos mediante el análisis Monte-Carlo; pero no está claro si este método efectivamente mejora la situación, porque la incertidumbre, en el sentido knightiano (en contraste con el riesgo), no puede ser objeto de representación probabilística.

⁶⁸ El profesor Pearce es Director del Centro de Investigaciones Sociales y Económicas del Ambiente Mundial (CSERGE, que se pronuncia, con matiz apocalíptico, "sea-surge" [marejada]).

Desde el punto de vista económico, es improbable que la incertidumbre afecte la posición política adecuada [determinada según ACB], siempre que se cumplan ciertas condiciones:

- a) que si se produce calentamiento, el perjuicio resultante sea significativo;
- b) que el perjuicio sea irreversible;
- c) que los costos iniciales de controlar las emisiones de gases de invernadero sean bajos;
- d) que los controles de gases de invernadero generen beneficios incidentales o conjuntos, además de contener el calentamiento mundial.⁶⁹

Pero estas condiciones no se cumplen:

- No sabemos cuánto perjuicio (o beneficio) se va a producir aun cuando haya calentamiento; la incertidumbre es tan grande que con el análisis estadístico normal uno no puede rechazar la hipótesis de que el perjuicio será igual a cero. Por tanto a) no se cumple.
- Como no sabemos qué tipo de perjuicio va a ocurrir, si es que ocurre, no podemos decir que será irreversible. Por tanto b) no se cumple. Además, si aceptamos los postulados del ACB, entonces, como lo señalan Arrow y Fischer:

El solo hecho de que un acto sea irreversible no significa que no se deba realizar. El efecto de la irreversibilidad es más bien el de reducir los beneficios, los que luego se equilibran contra los costos en la forma habitual.⁷⁰

Como advierte Beckerman:

Si los seres humanos no realizaran ningún acto que tuviera consecuencias irreversibles, ¡la raza humana hubiera dejado de existir hace mucho tiempo!⁷¹

- Considerando que la demanda de energía es inelástica en cuanto al precio,⁷² el costo "bajo" de c), supra, no es sólo subjetivo sino también un *non sequitur*. Como ya veremos, para ser eficaces, las políticas a las que alude Pearce (planes de conservación de energía subvencionados

⁶⁹ D. Pearce, "The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming", *Economic Journal*, Vol. 101, 1991, pp. 938-948.

⁷⁰ K. Arrow y A. Fischer, "Environmental Preservation, Uncertainty and Irreversibility", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 88, 1974, pp. 312-319.

⁷¹ W. Beckerman, "Global Warming: A Sceptical Economic Assessment", en D. Helm (ed.), *Economic Policy Towards the Environment* (Oxford: Blackwell, 1991), pp. 52-85.

⁷² Esto es, un gran aumento (o disminución) en el precio de la energía sólo determinará una pequeña disminución (o aumento) en el consumo.

- por el Estado y un impuesto al carbono para reducir la demanda) tendrían que imponer costos financieros directos considerables a las personas, y casi con certeza limitarían aún más su libertad. Por tanto c) no se cumple.
- La idea de que debemos limitar las emisiones de GI porque podrían coincidir con la emisión de otro supuesto riesgo ambiental es insostenible: si los GI, *de por sí*, no constituyen amenaza, seguramente sería más eficiente (menos costoso) limitar independientemente las emisiones de aquellas otras sustancias.⁷³ Por tanto d) no se cumple.

Si bien Pearce y otros aceptan que la evidencia que respalda estas condiciones es contenciosa, se afirma que la propia incertidumbre respecto del cambio climático futuro es motivo para limitar las emisiones de GI:

[I]ncluso las proyecciones centrales del calentamiento mundial, en las hipótesis del 7PCC, llevan al mundo a tasas de calentamiento y, por último, a niveles de calentamiento fuera de la tolerancia de los ecosistemas que interesan a la humanidad. En tal caso, hay una auténtica incertidumbre, la que por sí sola debe dictar una postura cautelosa en cuanto a políticas.⁷⁴

Semejante razonamiento estimula dos falacias: primero, que el informe-resumen de los responsables de política del IPCC es científicamente confiable (lo que parece dudoso), y, segundo, que la política debe basarse en el temor a lo desconocido. Ambas proposiciones son sumamente peligrosas: la primera desanima el debate científico sano, la segunda puede conducir a la adopción de políticas sumamente restrictivas, onerosas y totalmente innecesarias.

Meriendas gratuitas (*free lunches*)

Ciertos economistas han argumentado que las políticas llamadas "sin lamentaciones" deben ser transformadas en ley porque otorgan "beneficios sociales" sin "costo social", lo que conduce a la proverbial merienda gratuita.⁷⁵

⁷³ Pero no sostenemos aquí que se deba limitar cualesquiera emisiones por orden gubernamental, sólo que el argumento de Pearce no concuerda con el ACB.

⁷⁴ D. Pearce, *op. cit.*, p. 938.

⁷⁵ Incluso W. D. Nordhaus, "To Slow or Not To Slow", *The Economist*, 7 de julio de 1990, y W. Beckerman, *op. cit.*, recomiendan dichas "políticas sin lamentaciones".

Al tratar este asunto, muchos economistas proponen suprimir las "imperfecciones del mercado", como las que se dice que existen en el mercado de bienes eficientes en el uso de energía⁷⁶ y en el mercado del transporte público,⁷⁷ mediante la entrega de subsidios a dichos sectores.

CUADRO N° 2 COMPARACIÓN DE ESTUDIOS QUE ESTIMAN CAMBIOS EN EL PIB MUNDIAL EN UN PERÍODO DETERMINADO, DADAS CIERTAS RESTRICCIONES AL NIVEL DE EMISIONES DE CO₂

Estudio	Tipo de modelo	Período de proyección	Nivel de emisiones ¹	Cambio en PIB mundial ²
Edmonds & Reilly (1990)	IEA/ORAU ³	1975-2050	+162% (1990)	-5,0%
Mintzer (1987)	IEA/ORAU	1975-2075	-67% (1990)	-3,0%
Cline (1989)	IEA/ORAU	1975-2075	-31% (1990)	-7,4%
Edmonds & Barnes (1990)	IEA/ORAU	1975-2025	0% (1988)	-1,8%
Whalley & Wigle (1990)	GE ⁴	1990-2030	-50% (2030)	-4,2%
Burniaux <i>et al.</i> (1991)	GREEN ⁵	1990-2025	+17% (1985)	-1,8% ⁶
Manne & Richels (1990)	Global 2100 ⁷	1990-2100	+16% (1990)	-5%
Nordhaus (1992)	DICE ⁸	1990-2105	0% (1990)	-1,3%

1 Reducción en las emisiones de CO₂ respecto del año de referencia (entre paréntesis).

2 Cambio en el PIB mundial al último año del período de referencia.

3 Modelo de equilibrio parcial desagregado, elaborado por Edmonds y Reilly.

4 Modelo de equilibrio general, elaborado por Whalley y Wigle.

5 Modelo de equilibrio general, elaborado por Burniaux *et al.*

6 En 2020.

7 Modelo de crecimiento de equilibrio parcial, basado en el modelo ETA-MACRO de Manne.

8 Modelo de control óptimo que incorpora una función climática basada en un modelo simple, elaborado por Stephen Schneider.

9 Suponiendo que no hay ningún efecto perjudicial debido al alza proyectada en las emisiones de GI.

Fuente: Adaptado de Boero *et al.*, *op. cit.*

⁷⁶ Por ejemplo, V. Brechling, D. Helm y S. Smith, "Domestic Energy Conservation: Environmental Objectives and Market Failures", en D. Helm (ed.), *op. cit.*, pp. 263-288.

⁷⁷ E. Symons, J. Proops y P. Gay, *Carbon Taxes, Consumer Demand and Carbon Dioxide Emission: A Simulation Analysis for the UK* (University of Keele, Department of Economics, 1991).

Eficiencia energética

Se han expresado diversos argumentos en apoyo de la idea de que el mercado de la eficiencia energética es imperfecto. No obstante, si en verdad fuera económicamente más eficiente instalar equipos de aislación o equipos más eficaces en materia de energía, la gente tendería a hacerlo. Los siguientes son ejemplos de argumentos en favor de la intervención.⁷⁸

- La existencia de asimetrías en la información. Por ejemplo, no se dispone con facilidad de información relativa a la eficacia de los avances en eficiencia energética (y en especial aquellos ya realizados en hogares, fábricas, etc.). Puesto que las fuentes de dichas informaciones ya existen (al menos en los Estados Unidos), se podría suponer que su escasa diseminación se debe, en parte, a que el costo de adquirir dicha información (por ejemplo, pagar a un inspector que revise las propiedades) supera los beneficios previstos. Quizás, si hubiera menos reglamentos relativos a la retención de calor en los edificios, dichas fuentes de información podrían prosperar (inspectores autorizados podrían incluso ofrecer revisiones de eficiencia térmica optativas, como extra); hoy, probablemente, los inspectores estatales dejan fuera a las fuentes privadas.
- Los beneficios no son apropiables. La instalación de equipos aislación en casas alquiladas, por ejemplo, favorece al ocupante más que al propietario, y éste tiene menos incentivo para instalarlos. Se trata, en esencia, del mismo problema anterior, salvo que es tal vez más agudo por cuanto, si bien el precio de la información es el mismo, probablemente, los beneficios (al menos si se trata de inquilinos de corto plazo) pueden ser menores. La respuesta, sin embargo, es la misma.
- Falta de optimización. Brechling y otros sostienen que "los consumidores quizás apliquen reglas de decisión inadecuadas para ponderar los costos y beneficios en período diferentes" y por tanto no compran tanta eficiencia energética como si actuaran según la regla de decisión de Brechling. Salvo que exista algún motivo intrínseco para que todos nos convirtamos en *Homo Brechlingus*, no vemos ninguna justificación para seguir analizando este punto.

⁷⁸ Véase Brechling *et al*, *op. cit.*

Transporte público

Respecto al transporte "público", el verdadero problema no es que el gobierno no financie correctamente el sistema, sino que los sistemas terrestres y ferroviarios, en la mayoría de los países, no los maneja el sector privado y por tanto no están sujetos a los incentivos de eficiencia que proporciona el mercado.⁷⁹

Una excepción

Con todo, hay una política "sin lamentaciones" que sí parece digna de ser adoptada: la de eliminar todos los impuestos y subsidios vigentes sobre los combustibles fósiles. Con esta medida, probablemente, disminuirían las emisiones de GI y aumentaría la producción económica mundial. Buena parte de este aumento de eficiencia provendría de la eliminación de los subsidios al carbón. Estos subsidios distorsionan el mercado al reducir el consumo de otras fuentes de energía más eficientes, en tanto que los ingresos tributarios que se gastan en ellos desplazan otras inversiones mejores.⁸⁰

Esta política es laudable por cuanto concede a los agentes mayor libertad de elección, con la ventaja adicional de que dichos agentes libres son más eficientes que el gobierno en la asignación de recursos.⁸¹ Dicha política, sin embargo, impondría ciertos costos a algunos intereses especiales, los que con seguridad se opondrían a una medida semejante.

⁷⁹ Véase J. Hibbs, *On the Move...*, Hobart Paper 121, Londres, Institute of Economic Affairs, abril 1993.

⁸⁰ Dos ejemplos: Primero, en la actualidad, China usa alrededor de cuatro veces más energía que cualquier otro país para producir una unidad de PNB (véase A. S. Manne y R. G. Richels, "Global CO₂ Emission Reductions - The Impacts of Rising Energy Costs", *The Energy Journal*, Vol. 12 (1), 1991, pp. 87-107). Esto significa que, a la larga, China podría cuadruplicar su PNB sin aumentar su consumo de energía. Segundo, el Estado alemán paga hasta diez veces el precio de mercado mundial para producir carbón en su industria financiada por el Estado. Resulta más bien curioso que los funcionarios del gobierno de este país, cuyos habitantes ostentan ideales ambientales tan elevados, despilfarran ingresos tributarios, voluntariamente, en subvencionar el agotamiento de recursos naturales.

⁸¹ Véase, por ejemplo, C. Robinson, *Energy Policy: Errors, Illusions and Market Realities*, IEA Occasional Paper No. 90, Londres, Institute of Economic Affairs, octubre de 1993.

CONCLUSIÓN

- Se ha demostrado que la incertidumbre desempeña un papel importante en la determinación de los costos y beneficios de limitar las emisiones de GI, pero esto debe imponernos más precaución, y no menos, en la imposición de dichas limitaciones. En igualdad de condiciones, una inversión de mucho riesgo es menos atrayente que una de poco riesgo.
- Aun suponiendo que el informe-resumen de los responsables de política del IPCC ofrece una interpretación justa de la ciencia del calentamiento global, los pronósticos de los costos y beneficios de limitar las emisiones de GI señalan que en condiciones de incertidumbre haríamos mejor en no imponer limitaciones.⁸²
- Si los críticos de la "visión popular" están en lo cierto y no habrá efectos perjudiciales derivados de una acumulación de GI en los cien años próximos, entonces la limitación de las emisiones al nivel de 1990, durante todo ese período, podría reducir la producción mundial en cifras significativas.
- Las llamadas políticas "sin lamentaciones", salvo la de eliminar la intervención estatal en el mercado de energía, encierran costos ocultos: como el mercado asigna los recursos mejor que todo planificador central, dichas políticas crearían más distorsiones que las que se supone que ya existen.
- Los mercados de *energía* libres no sólo van a ser eficientes sino también nos darán a conocer los cambios en las condiciones ambientales, por medio del mecanismo de precios, con más rapidez que cualquier modelo.⁸³

III. ASUNTOS DE POLÍTICA

En el capítulo 1 se analizó la evidencia científica (o más bien la falta de ella) respecto del calentamiento global ocasionado por emisiones antropogénicas

⁸² Basado en este supuesto, W. D. Nordhaus (1992), *op. cit.*, estima que los beneficios netos de una política "óptima" serían de 0-0,3% del total de consumo mundial actualizado, entre 1990 y 2015. Dada la incertidumbre que rodea semejante pronóstico y dada la gran probabilidad de fracaso de la intervención, no parece que dicha política valga la pena.

⁸³ Véase, por ejemplo, F. L. Smith, "Is Europe About to Commit Eco-Suicide? The Case Against Carbon Taxes", documento mimeografiado, Washington D. C., Competitive Enterprise Institute.

de GI. En el capítulo 2 se revisó la literatura relativa a los aspectos económicos del problema de GI. Ahora nos dedicaremos al urgente asunto de la respuesta que los formuladores de políticas deben dar al llamado a actuar, dadas las pruebas que se presentaron en los capítulos anteriores.

Hay cinco propuestas de política general en consideración.

Limitación del uso de combustibles fósiles

El Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) culminó con el acuerdo de los signatarios de limitar para el año 2000 las emisiones de CO₂ a los niveles de 1990 (véase nota 3). Con el fin ostensible de alcanzar esta meta, los gobiernos y los bloques comerciales han propuesto la imposición de un impuesto sobre los combustibles fósiles.⁸⁴ En nuestra opinión, el UNFCCC es innecesario y las políticas que se proponen para alcanzar las metas son ineficientes.

Es innecesario por los motivos siguientes:

1. El vínculo entre las emisiones de GI y el cambio climático mundial no está lo suficientemente bien establecido y la dirección de cualquier vínculo no se conoce todavía. (El registro de temperatura y CO₂ de 150.000 años da a entender que es tan probable que los cambios de temperatura determinen los niveles de CO₂ como lo contrario.)⁸⁵
2. Aun cuando se demuestre la causalidad en algún momento futuro, parece que el CO₂ está próximo a su nivel de "saturación", de tal modo que el efecto de nuevos incrementos sobre la temperatura irá disminuyendo. De esto se desprende que debemos preocuparnos menos del CO₂ que de los demás GI (cuyos efectos, en todo caso, se estiman marginales).
3. Las mayores concentraciones de CO₂ estimulan la actividad de fotosíntesis, lo que aumenta el rendimiento de los cultivos y éste, a su vez, reduce los niveles de CO₂. Las mayores concentraciones de CO₂ tam-

⁸⁴ El tipo preciso de impuesto no está decidido todavía. Los economistas, en su mayoría, hablan de un "impuesto al carbono", lo que significaría que en algún punto de la cadena entre productor y consumidor se impondría un cargo sobre la venta de combustibles fósiles (pagadero, probablemente, al gobierno del Estado en que tiene lugar la venta). El tamaño del impuesto sería proporcional al contenido de carbono del combustible (el carbón es el que tiene más y el metano el que tiene menos).

⁸⁵ Véase, por ejemplo, H. N. Pollack y D. S. Chapman, "Underground Records of Climate Change", *Scientific American*, junio de 1993, pp. 16-22.

bién disminuyen las necesidades de agua en las plantas, lo que eleva la fertilidad de zonas áridas como el Sahel.

4. No hay pruebas de que un aumento de la temperatura promedio mundial, por dicha causa, tengo efectos perjudiciales sobre la humanidad. Al contrario, los efectos podrían ser benéficos.
5. Si se produce un calentamiento mundial como consecuencia del aumento de los GI atmosféricos, y si los efectos de este calentamiento son perjudiciales, entonces sería conveniente tomar medidas. No obstante, el Instituto George C. Marshall estimó en 1992 que el efecto *máximo* de postergar las medidas por cinco años sería de 0,1°C. Actuar ahora sería precipitado y oneroso.

Las políticas que se proponen son ineficientes, por lo siguiente:

1. No es probable que un impuesto al carbono reduzca notablemente las emisiones de CO₂.⁸⁶
2. Algunos economistas sostienen que los impuestos ambientales producen un "dividendo doble",⁸⁷ aduciendo que reducen tanto las externalidades como los efectos distorsionadores de los impuestos comunes para obtener ingresos. Pero lo dicho no rige en el caso de un impuesto al carbono: primero, porque no se ha probado ninguna

⁸⁶ Hay dos motivos por los que esto podría ocurrir:

1) Los impuestos ambientales han sido, históricamente, más bien bajos (véase, por ejemplo, R. W. Hahn, "Economic Instruments for Environmental Regulation: How the Patient Followed the Doctors' Orders", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 3, No. 2, primavera 1989, pp. 95-114) y han actuado más para recaudar ingresos que como inhibidores. El impuesto al carbono parece dispuesto a seguir este patrón, como lo atestigua la reciente imposición del IVA a los combustibles en Gran Bretaña (en dos etapas, a partir de abril de 1994).

2) El precio de los combustibles fósiles es notablemente inelástico (véase, por ejemplo, D. Hawdon (ed.), *Energy Demand - Evidence and Expectations* [Guildford: University of Surrey Press, 1992]), de modo que, a menos que aparezca alguna tecnología barata, es improbable que la demanda se vea afectada por un aumento (relativamente pequeño) en el precio. Un equipo de modeladores ha estimado que para conseguir una reducción de 20% en las emisiones de CO₂ (respecto de los niveles de 1987) se necesitaría un aumento medio de 421 %, a lo menos, en el precio de la energía (P. Caspros, P. Kasadelogou y G. N. Mentzas, *Carbon Tax Policy and Its Impacts on CO₂ Emissions*, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Técnica Nacional de Atenas, abril de 1990, p. 12).

⁸⁷ Véase, por ejemplo, M. Pearson y S. Smith, *The European Carbon Tax: An Assessment of the European Commission's Proposals* (Londres: Institute for Fiscal Studies, diciembre de 1991).

externalidad, y segundo, en gran parte porque debido a la escasa elasticidad de precios en la demanda de combustibles fósiles, los efectos regresivos de "beneficencia", derivados de la imposición de impuestos al carbón, petróleo y gas, son notablemente peores que si se impusiera el impuesto sobre los ingresos o sobre otros bienes de consumo.⁸⁸ En lugar, pues, de obtener un doble dividendo, el impuesto al carbono tendría, de hecho, un dividendo negativo.

3. Como no es probable que se imponga un impuesto al carbón a nivel mundial, las reducciones en las emisiones de CO₂ que se produzcan en los países que apliquen dicho impuesto se verán compensadas, al menos en parte, con aumentos de las emisiones en los países que no lo apliquen, a medida que las industrias con uso intensivo de energía se trasladen a estas zonas menos reglamentadas. Lo dicho, a su vez, puede perjudicar los acuerdos bilaterales y multilaterales, a medida que los grupos de presión procuren limitar las importaciones desde los países "transgresores".
4. El argumento en contra de un impuesto europeo al carbono es muy fuerte: como Europa contribuye sólo 13% de las emisiones mundiales de CO₂⁸⁹ (porcentaje que va bajando a medida que la producción se traslada a los países en desarrollo) y sus industrias ya se cuentan entre las más eficientes del mundo en materia de energía, todo traspaso de producción hacia plantas menos eficientes en otros lugares del mundo puede incluso aumentar el total mundial de emisiones de CO₂. Por tanto, no sólo sufrirían los pueblos de Europa, sino que el impuesto sería también contraproducente.⁹⁰

⁸⁸ Se ha estimado, por ejemplo, que si en los EE.UU. se reduce el déficit presupuestario mediante la imposición de un impuesto al carbono, el PIB disminuiría en 0,2% en 1998; en cambio, si se reduce el déficit mediante un alza en el impuesto a la renta, el PIB disminuiría en sólo 0,1%. ("Much Heat, Little Light", *The Economist*, 12 de junio de 1993, p. 35, citando a R. Kopp, de Recursos para el Futuro.)

⁸⁹ A. S. Manne y R. G. Richels, *op. cit.*

⁹⁰ Algunos economistas no concuerdan: J. Pezzey (*Impacts of Greenhouse Gas Control Strategies on UK Competitiveness* [Londres: HMSO, 1993]) señala que un impuesto unilateral sobre la energía podría elevar la competitividad (y el bienestar global) de la sociedad que impone el impuesto. Pero aun en el modelo de Pezzey lo anterior se puede alcanzar únicamente si el país en cuestión produce todos los bienes de uso intensivo de energía, de todo el mundo, y carece de combustibles fósiles propios. Esto no se compadece con el mundo real. Y aunque así fuera, cabría imaginar que la producción de dichos bienes de uso intensivo de energía se trasladaría pronto a costas menos onerosas.

5. La proposición actual de un impuesto europeo al carbono/energía parece menos justificable aún que un simple impuesto al carbono. El único motivo ambiental obvio de dicho impuesto estaría en las supuestas externalidades de las fuentes de combustibles no fósiles. Pero hasta aquí estas externalidades no se han cuantificado (ni son, a nuestro entender, mayormente cuantificables), por lo que la división en 50/50 que se propone parece arbitraria. La razón de que se incluya la energía en este impuesto europeo puede deberse a que los franceses obtienen alrededor de 70% de su energía de fuentes nucleares y por tanto tendrían una ventaja competitiva si el impuesto afectara sólo a los combustibles fósiles.⁹¹

Subsidio a las mejoras en la eficiencia energética

Los argumentos en contra de esta política se analizaron más arriba (véase acápite "Eficiencia energética", *infra*).

Investigación de los costos sociales y económicos del calentamiento mundial

Parece imprudente comenzar (o, en muchos casos, continuar) con un subsidio a la investigación de los costos de una eventualidad sumamente improbable. Como esperamos haberlo demostrado en este trabajo, es imposible calcular dichos costos. Mientras no tengamos un mejor conocimiento científico, la investigación en ciencias sociales debería mantenerse en compás de espera.

Investigación en climatología

Si bien sería útil, por cierto, contar con modelos de mayor capacidad de predicción, probablemente dichos modelos se verán limitados durante algún tiempo por falta de datos adecuados. Además, el financiamiento privado de la investigación científica resultaría desplazado por el financiamiento estatal, lo cual haría, como hasta ahora, que la investigación se oriente en forma precipitada hacia modelos que intentan culpar al hombre, en vez de propiciar la elaboración de modelos parsimoniosos que procuren dar una explicación objetiva de los cambios de temperatura.

⁹¹ Véanse también M. Pearson y S. Smith, *op. cit.*; F. L. Smith, *op. cit.*

Investigación en geoingeniería

La geoingeniería quiere decir "usar la cabeza, no la fuerza".⁹² El intento de reducir las concentraciones de GI en la atmósfera limitando las emisiones es, según Nordhaus, el método de la fuerza, en tanto que el método de la cabeza "introduciría una tecnología hipotética que mitigaría, sin costo, el cambio climático".⁹³ Ejemplos de ella podrían ser: lanzar espejos al espacio para reflejar la luz del Sol, sembrar hierro en el mar (para fertilizar el fitoplancton y las algas, y aumentar así la captura de CO₂),⁹⁴ o convertir en productos químicos útiles el CO₂ de los gases de chimenea.

Si bien no se puede descartar la posibilidad del cambio climático *per se*, no parece probable que la tasa de cambio vaya a exceder las tolerancias de la biosfera. Como la probabilidad de adaptación existe, es improbable que se justifique la geoingeniería. Aun cuando en el futuro resulte que, por cualquier motivo, el clima de la Tierra cambie con más rapidez que la que muestra la biosfera para adaptarse, es probable que, en ausencia de subvención estatal, algún particular emprendedor o grupo de particulares emprendedores introduzca la tecnología adecuada. El financiamiento estatal desplazaría a estos empresarios, con lo que se malgastaría el dinero de los contribuyentes.

Una simulación no científica

Antes de terminar, quisiéramos proponer una simulación totalmente no- científica, basada en la pregunta: ¿qué pasaría si...?

Cuando se puso de moda la teoría de la edad de hielo, a mediados de los años setenta, ¿qué habría pasado si hubiéramos hecho lo que entonces proponían hombres como Stephen Schneider (hoy partidario del calentamiento global) y hubiéramos aumentado las emisiones de CO₂ para aumentar la captura de radiación?

⁹² W. D. Nordhaus (1991), *op. cit.*

⁹³ W. D. Nordhaus (1992), *op. cit.*; pero al decir "sin costo" Nordhaus da a entender que los costos serían despreciables.

⁹⁴ Una versión natural de esto ya puede estar en curso. Junto con los sulfatos emitidos por el volcán Pinatubo en forma de aerosoles, también se emitieron quinientos millones de toneladas métricas de hierro. A medida que el hierro, paulatinamente, ha ido cayendo otra vez a la Tierra (la que está cubierta, en sus dos terceras partes, por agua), parece que ha habido un inmenso florecimiento de algas, con la captura resultante de unos 1,6 billones de toneladas de CO₂. (*Nature*, Vol. 365, 21 de octubre de 1993, pp. 697-698.)

Los subsidios al carbón y demás fuentes fósiles de energía habrían aumentado, probablemente, lo mismo que los impuestos sobre la renta y el consumo para pagar dichos subsidios.

Ambas distorsiones habrían retardado el crecimiento económico y hoy el mundo se encontraría en una situación tal que, si hemos de creer la teoría actual del calentamiento mundial, habría que reducir las emisiones de CO₂ aún más de lo que se propone hoy.

CONCLUSIÓN

Ciertos grupos especiales de interés ganarían con una mayor intervención estatal en el mercado de la energía. Dicha intervención beneficiaría a ciertos climatólogos, economistas de la energía y del ambiente; los costos los pagarían los consumidores en todo el mundo. El Dr. Roy Spencer, de la NASA, ha observado:

Es más fácil obtener financiamiento si uno puede exhibir pruebas de catástrofes climáticas en ciernes. A fines de los setenta fue la edad de hielo. Quién sabe qué cosa será dentro de diez años. Es claro que la ciencia saca provecho de las hipótesis aterradoras.⁹⁵

La historia de este trabajo se refiere a las finanzas públicas en beneficio de los "creyentes" a expensas de los escépticos, y en beneficio de proyectos públicos inmensamente onerosos propuestos por los grupos Verdes. Es casi seguro que esas inversiones forzadas y esa planificación centralizada de metas ambientales y de desarrollo van a resultar menos eficientes y menos productivas que la inversión del sector privado. Y además, con el tiempo, bien pueden resultar contraproducentes. Como dice F. A. Hayek:

¿Cabe imaginar acaso tragedia más grande que, en nuestro esfuerzo consciente por dar forma a nuestro futuro de acuerdo con ideales elevados, de hecho, sin darnos cuenta, produzcamos lo contrario de aquello por lo cual luchamos?⁹⁶

En consecuencia, hay suficientes razones como para que los gobiernos se abstengan de tomar medidas que pueden provocar un aumento de las emisiones de CO₂, como la de subvencionar el carbón. En cuanto a adoptar medidas adicionales, nuestra recomendación es que los gobiernos no deberían emprender ninguna otra acción. □

⁹⁵ Entrevista para "The Greenhouse Conspiracy", Canal 4 Televisión, agosto de 1990.

⁹⁶ F. A. Hayek, *The Road to Serfdom* [1944] (Londres: Routledge, nueva edición 1991), p. 4.