Revista Electrónica de Investigación en Filosofía y Antropología
NUMERO 2 (Diciembre 2013)
Editor: Decanato de Filosofía. UNED
ISSN: 2340-4442

UNA MIRADA FILOSÓFICA A LOS PROBLEMAS DEL USO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA. EL CASO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Leonardo Monzonis Forner

Palabras clave: Infradeterminación, subjetividad, persuasión, arbitrajes.

Introducción

Esta presentación trata sobre algunos problemas que plantea el uso, en la práctica, de los modelos matemáticos en la actividad de los científicos y de los técnicos, aportando el punto de vista de la filosofía de la ciencia; y enlaza con algunas cuestiones antiguas en filosofía, como la superación de la necesidad de la persuasión por medio de instrumentos de demostración, o la tensión entre los peligros de la ignorancia y los peligros de la intolerancia.

La mayor parte de los contenidos está extraídos del material que compone la tesis: "El debate sobre las transferencias de tecnología asociadas al cambio climático. Aspectos filosóficos y sociológicos", que esta presentación se reordenan y dan lugar a algunas conclusiones nuevas.

Modelos Matemáticos. Definición y usos.

Un modelo científico es una representación abstracta, conceptual, gráfica o mediante artefactos, de fenómenos o procesos; que se construye para analizar, describir, explicar o simular esos fenómenos o procesos. Un modelo matemático es un tipo particular de modelo científico que utiliza la formalización matemática para realizar esa representación.

No cabe ninguna duda de que el uso de los modelos matemáticos se ha extendido de forma muy notable en todas las disciplinas científicas, y sobre todo, forma parte de las herramientas con las que cuentan los técnicos en su trabajo diario. Evidentemente, a esto ha

contribuido el desarrollo de las tecnologías informáticas, algo en lo que no cabe insistir aquí. Hay, no obstante, otras razones, si las cuales el uso masivo de los modelos no se entendería del todo. Es el caso que los modelos matemáticos no son de gran utilidad práctica en los primeros pasos de su desarrollo. Al principio, los resultados de un modelo no suelen aportar ninguna información que los expertos nos conocieran ya de antemano. De hecho, el modelo se va construyendo para que dé los resultados que se esperan, en un largo proceso de calibración. Sin embargo, incluso en estas fases iniciales la construcción de un modelo matemático recibe recompensas. Un modelo es capaz de revestir de elegancia formal un resultado obtenido heurísticamente, es decir, a partir de la experiencia acumulada en casos resueltos en el pasado. Esto no tiene sólo ventajas para el experto en su relación con los gestores, a los que tiene que dar cuentas, sino que facilita también la relación entre distintas instancias de gestión. Es más fácil defender un resultado si viene presentado en forma de modelo matemático, y es tanto más difícil rechazar una solución cuanto más difícil sea detectar las claves de una argumentación, que en el caso de un modelo matemático está oculta bajo un sofisticado algoritmo.

La existencia de este círculo virtuoso entre tecnología informática y gestión es la que hace que podamos encontrar innumerables modelos en todas las ramas de la ciencia y de la técnica. Esta proliferación tiene, a su vez, consecuencias importantes. En primer lugar, no hay forma de conocer en detalle las interioridades de todos los modelos de una disciplina, ni siquiera los de una especialidad. Esto significa que los modelos son en la práctica cajas negras para todos aquellos que no han participado en su construcción. En segundo lugar, cada modelo se ocupa sólo de un aspecto concreto de un fenómeno. De tal modo que unos modelos se encadenan con otros. Esto tiene implicaciones en dos órdenes distintos. Por un lado, los resultados de un modelo son datos de entrada de otro modelo, lo cual unido a la opacidad de los modelos convierte en problemáticos esos datos; y por otro lado, es relativamente fácil orientar los resultados de una cadena larga de modelos, sin violentar excesivamente los resultados de cada modelo concreto.

El estudio del cambio climático es suficientemente complejo para ofrecer buenos ejemplos de estas dificultades, y presenta además otros problemas a nuestro juicio interesantes, por lo que es útil para analizar los problemas relacionados con el uso de los modelos matemáticos.

Modelos integrados y Modelos climáticos

El estudio del cambio climático abarca no sólo la evolución del clima terrestre sino también las implicaciones ambientales y económicas de esta evolución. El tipo de modelos que tratan esta problemática en su conjunto se denominan modelos integrados. El Informe Stern[1] se basa en uno de estos modelos[2] y ha sido objeto de numerosas controversias. Hoy sólo destacamos aquí un aspecto muy concreto de ellas.

[1] El Informe Stern sobre la economía del cambio climático (Stern Review on the Economics of Climate Change) es un informe sobre el impacto del cambio climático y del calentamiento global sobre la economía mundial. Redactado por el economista Sir Nicholas Stern por encargo del gobierno del Reino Unido fue publicado el 30 de octubre de 2006. Sus principales conclusiones afirman que se necesita una inversión

Con el Informe Stern se trata de valorar los riesgos, costes y beneficios de actuar o de no actuar, para reducir las emisiones de dióxido de carbono que están en el origen, de acuerdo con la corriente científica principal, del calentamiento global. Para hacerlo el informe utiliza un modelo que entre otros muchos aspectos, trata de representar el hecho de que es diferente invertir en el presente para evitar daños en un futuro lejano, que hacerlo para evitar daños inminentes. Esto trata de representarse matemáticamente mediante la tasa de descuento[3].

Pasamos por alto la discusión de qué tasa de descuento habría que utilizar en este caso - que tiene por cierto implicaciones éticas muy interesantes, que tienen que ver con la responsabilidad entre generaciones - para quedarnos con la cuestión de que los resultados finales del informe son muy dependientes de qué tasa de descuento se utiliza[4]. De tal modo que utilizando una u otra resulta que las inversiones para evitar el cambio climático pueden ser rentables o no.

Es el caso que esta circunstancia queda oculta en el conjunto de los algoritmos y de la formalización matemática que utiliza el modelo, y sólo con un atento análisis experto se detecta esta dependencia, Esto significa que si no se declara explícitamente la relación entre tasa de descuento y resultados, el gestor que tome decisiones en base a estos resultados puede estar decidiendo, sin ser consciente de ello, ser más o menos solidario con las generaciones futuras. La conclusión es clara: es necesaria la transparencia del modo en que está construido un modelo y de los supuestos que utiliza, especialmente de aquellos que tienen gran influencia en los resultados. Hasta qué punto esta transparencia es posible en la práctica, es algo que dejamos aquí solamente apuntado.

---

equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos del cambio climático y que de no hacerse dicha inversión el mundo se expondría a una recesión que podría alcanzar el 20% del PIB global. El informe también sugiere la imposición de ecotasas para minimizar los desequilibrios socioeconómicos, afirmando: "Nuestras acciones en las décadas venideras pueden implicar el riesgo de una disrupción de la actividad económica y social durante el resto de este siglo y el siguiente, de una escala parecida a la de las grandes guerras y la Gran Depresión"

[2]. El PAGE 2002, que es un modelo probabilístico escrito en Microsoft Office Excel. El modelo calcula los impactos regionales y globales del cambio climático, y los costes sociales para diferentes gases de efecto invernadero. También calcula los costes de mitigación y adaptación. Es un modelo de evaluación integrada que parte de la proyección de emisiones y arrastra las incertidumbres a través de los cálculos. Más información sobre el modelos puedes obtenerse en : http://unfccc.int/adaptation/nairobi_work_programme/knowledge_resources_and_publications/items/5447.php

[3] En su definición más sencilla, la tasa de descuento o tipo de descuento o costo de capital es una medida financiera que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro.

[4] Sobre esta cuestión se han escrito algunos artículos con aportaciones muy interesantes: Nordhauss (2007):"A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change", Weitzman **(**2007 **):"**A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change**",** Aldred (2010): "Ethics and climate change cost-benefit analysis: Stern and after",

Se podría pensar que esta dependencia sólo aparece cuando tratamos de representar sutiles cuestiones éticas, pero no sólo el uso de los sofisticados modelos integrados presenta problemas. También en los modelos que desarrollan estrictamente teorías físicas aparecen algunas cuestiones que requieren atención.

Los modelos climáticos tratan de representar el funcionamiento de clima terrestre. Para ello utilizan los fundamentos físicos que proporcionan teorías científicas previamente acreditadas. Pero los fenómenos que se trata de representar son muy complejos y se da una clara infradeterminación[5] de los datos experimentales con respecto de los modelos. Esto es, unos mismos datos son compatibles con distintos modelos. Existen grados de libertad en los datos que permiten distintas construcciones teóricas alternativas, entre las que se puede elegir. Por ejemplo el efecto de las nubes se puede modelar de varias formas, todas ellas compatibles con los datos, y no puede decirse que una forma se objetivamente mejor que otra. La infradeterminación no es aquí un expediente teórico, sino que aparece en la práctica con todas sus consecuencias[6].

La principal de estas consecuencias es la convivencia de un conjunto de modelos. El IPCC[7] admite 23 modelos en el informe de evaluación del año 2007[8], lo cual implica, a su vez, que para una misma pregunta se obtengan distintas respuestas que hay que tratar, en principio, como equiprobables. Por ejemplo, a la pregunta de cual será el aumento del nivel del mar en un cierto horizonte temporal, un modelo puede predecir que será de 1 metro, otro que será de 1,25 metros, y otro puede predecir incluso un descenso de nivel. En suma, tenemos un conjunto de resultados, todos ellos posibles, pero a los que no podemos asignar probabilidades.

Sin embargo, en la práctica sí se están asignando probabilidades, y el modo más habitual de hacerlo, y así lo hace el IPCC[9], es mediante el uso de la inferencia bayesiana. Sin entrar en

[5] Inicialmente la infradeterminación es un problema que surge en el marco de la filosofía del lenguaje, en cuanto que no existe una correspondencia necesaria e univoca entre lenguaje y realidad. Análogamente, para un mismo conjunto de datos empíricos es posible plantear varias teorías que den cuenta o expliquen los hechos. Esta discusión fue planteada en varios trabajos de Quine: "Dos dogmas del empirismo", "Palabra y objeto, "Relatividad ontológica" y "Raíces de la referencia"; retomada después por Laudan y Suppes.

[6] Betz (2008): "Underdetermination, Model-ensembles ande Surprises On the epistemology Scenario analysis in climatology", explica en detalle porqué la infradeterminación no es superable en el caso de los modelos climáticos.

[7] Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, organismo dependiente de las Naciones Unidas.

8 El Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (también conocido como AR4) es el cuarto en una serie de informes con el fin de evaluar científica, técnica y socioeconómicamente la información conocida con respecto al cambio climático, sus efectos potenciales y las alternativas de mitigación y adaptación al mismo. El informe es el más amplio, detallado y actualizado resumen de la situación del cambio climático hasta su fecha de redacción (2007); en él participaron del orden de 500 autores principales y 2000 revisores expertos, entre científicos, economistas y políticos pertenecientes a unos 120 países

[9] Un análisis exhaustivo de las herramientas que utiliza el IPCC puede verse también en Hatzav, J. et alter (2012): "Assessing climate model projections: State of the art and philosophical reflections".

los tecnicismos[10] de esta metodología podemos decir que se trata de asignar probabilidades a algo, en función del conocimiento que se tiene de la probabilidad de otra cosa, o de otras cosas, relacionada con esta. El problema es que en última instancia la asignación de probabilidades es dependiente de un conocimiento experto que contiene elecciones subjetivas[11].

---

[10] Algunos estadísticos bayesianos creen que las probabilidades pueden tener un valor objetivo y por lo tanto la inferencia bayesiana puede proveer un método objetivo de inducción. Dada una nueva evidencia, el teorema de Bayes ajusta las probabilidades de la misma de la siguiente manera:

$$P(H_0|E) = \frac{P(E|H_0)\ P(H_0)}{P(E)}$$

donde

- H_0 representa una hipótesis, llamada hipótesis nula, que ha sido inferida antes de que la nueva evidencia, E, resultara disponible.
- $P(H_0)$ se llama la *probabilidad a priori* de H_0.
- $P(E|H_0)$ se llama la *probabilidad condicional* de que se cumpla la evidencia E si la hipótesis H_0 es verdadera. Se llama también la *función de verosimilitud* cuando se expresa como una función de E dado H_0.
- $P(E)$ se llama la *probabilidad marginal* de E: la probabilidad de observar la nueva evidencia E bajo todas las hipótesis mutuamente excluyentes. Se la puede calcular como la suma del producto de todas las hipótesis mutuamente excluyentes por las correspondientes probabilidades condicionales: $\sum P(E|H_i)P(H_i)$.
- $P(H_0|E)$ se llama la *probabilidad a posteriori* de H_0 dado E.

El factor $P(E|H_0)/P(E)$ representa el impacto que la evidencia tiene sobre la creencia en la hipótesis. En la inferencia bayesiana, por lo tanto, el teorema de Bayes mide cuánto la nueva evidencia es capaz de alterar la creencia en la hipótesis.

[11] Betz (2008), no niega que la inferencia bayesiana pueda ser útil para reducir la infradeteminación en la solución de algunos problemas, lo que afirma es que no es aplicable, en la práctica, para lo modelos climáticos porque no es computable la consideración de todo el conjunto de alternativas que comprenden estos modelos, con todas sus variantes. En todo caso, considera que la investigación sobre las ventajas e inconvenientes de esta metodología es inevitable y urgente. Los estadísticos bayesianos sostienen, sin embargo, que aun cuando distintas personas puedan proponer probabilidades a priori muy diferentes, la nueva evidencia que surge de nuevas observaciones va a lograr que las probabilidades subjetivas se aproximen cada vez más. A esto, los críticos como Betz, sostienen que cuando distintas personas proponen probabilidades a priori muy diferentes, las probabilidades subjetivas a posteriori pueden no converger nunca, por más evidencias nuevas que se recolecten. Estos críticos consideran que visiones del mundo que son completamente diferentes al principio pueden seguir siendo completamente diferentes a través del tiempo por más evidencias que se acumulen

Como en el caso del Informe Stern, tenemos la tentación, para los constructores del modelo, de hacer pasar por objetivo algo que tiene claros elementos subjetivos; y el peligro, para los receptores de sus resultados, de tomar por ciertos datos que contienen incertidumbres.

Desde el punto de la filosofía de la ciencia, esto no es realmente ninguna sorpresa, en tanto que es un tema recurrente en la disciplina la existencia de condicionantes inducidos por el contexto histórico y social en la generación de teorías científicas, y más importante para el caso, la dependencia teórica de la observación y la influencia de las hipótesis sobre la construcción de la teoría. Lo que una mirada atenta a las interioridades de los modelos que investigan el cambio climático aporta es que la subjetividad no disminuye con el uso de modelos matemáticos, sino que paradójicamente se vuelve quizás más peligrosa porque queda oculta y a veces indetectable. Tanto más oculta cuanto más sofisticado es el modelo, y más difícil de detectar cuanto más especial es el fenómeno que se modela, ya que son muy pocos científicos los que están en condiciones de hacerlo.

Persuadir y demostrar

En estos problemas que hemos expuesto muy sucintamente, subyacen además de estos temas, que tiene el tratamiento estadístico de los datos como denominador común, algunas cuestiones a nuestro juicio más profundas, que tienen que ver con la necesidad que tienen unos científicos para convencer a otros, de persuadirles, de que las cosas, en este caso la construcción y aplicación de un modelo, se hacen del mejor modo posible.

Realmente la tensión entre persuasión y demostración tiene un largo recorrido en la historia de la filosofía.
Para la sofística, la persuasión es algo que va ligado al saber de forma natural. La capacidad de persuasión es una habilidad que puede y debe ser desarrollada.

Frente al relativismo que va unido a esta actitud, se opone Sócrates, que trata de superarlo. Platón, profundiza en este intento de búsqueda de la verdad, algo que cree posible gracias al contacto previo del alma con las ideas. Vincula la persuasión a la retórica y con ello a un acercamiento superficial a la verdad (Gorgias). Una posición que queda por cierto más matizada en el Fedro, diálogo en el que parece apreciar ciertos valores en la capacidad de persuasión cuando esta va ligada a la divulgación de la verdad.

Aristóteles escribe en los Tópicos; "*La inducción es mas persuasiva y evidente, más conocida a la sensibilidad y común a mayor número, pero el silogismo tiene más fuerza y más eficacia contra quien desea contradecir*". La ciencia, según esto, tiene su fundamento en una lógica deductiva, preocupada por no obtener conclusiones falsas a partir de premisas verdaderas; coherente con una filiación realista, según el cual, los sentidos nos informan correctamente sobre la realidad; y por lo tanto las premisas son evidentemente verdaderas, inducidas a partir de la observación de la naturaleza.

La conocida sentencia de Newton: *Hypotheses non fingo*[12], tiene que ver, sin embargo, con una lógica preocupada también por no *componer*[13] de forma subjetiva los supuestos de partida: una teoría es correcta si explica bien lo observado y predice bien lo que ocurrirá en un experimento. La fuerza de la demostración está en la bondad del ajuste entre teoría y observación, y no es necesario superponer a la observación hipótesis adicionales. Los desajustes no se deben a defectos en el desarrollo de la teoría, que no puede ser incorrecto si se hacen bien las operaciones matemáticas, sino que se deben precisamente a errores en las premisas. Premisas problemáticas son para Newton, por cierto, las que proceden de supuestos metafísicos o físicos que postulan explicaciones causales más allá de la naturaleza observable.

Sin embargo, la propia sentencia es realmente una forma de justificarse, frente a sus críticos[14], y es una muestra de que no consigue escapar a la necesidad de convencer a sus oponentes de que ha demostrado sin fisuras sus tesis. De hecho, se puede detectar un fuerte componente hipotético, no explícito, en Newton; no sólo en el trasfondo metafísico de la hipótesis del *Autor* (alma del mundo), sino también en las hipótesis físicas sobre el movimiento absoluto, el tiempo absoluto y el espacio absoluto. La existencia de un tiempo absoluto, desligado de la materia y del movimiento, no es compartida por Descartes ni cabe en la física aristotélica. Es un opción por lo tanto discutible en el momento de escribir los Principia, y Newton hace una elección por lo tanto debatible cuando se decanta por la concepción vigente en la Universidad de Cambridge (More y Barrow)[15].

En este orden de cosas, el neopositivismo de la primera mitad del siglo XX aparece como un esfuerzo por afinar la lógica deductiva y la objetividad de los enunciados que se refieren a la observación de los fenómenos, dejando a un lado los mecanismos para la formulación de hipótesis, que quedan bajo la categoría de contexto de descubrimiento, del que la ciencia no tiene por qué ocuparse. Efectivamente, trata de liberarse de la persuasión para objetivar todo el proceso de producción científica, neutralizando los efectos de los valores, intereses y creencias de cada científico particular.

Frente a esta visión de la ciencia, la critica al neopositivismo que se hace fuerte en la segunda mitad del siglo XX, denuncia, unas veces, y trata de depurar, en otras, las subjetividades que provienen de los condicionantes sociológicos, o de limitaciones epistemológicas. La formulación de hipótesis, se dice, no puede separarse del trabajo

[12] La frase aparece por primera vez en Escolio General de la segunda edición de los Principia, en 1718.

[13] La traducción de la sentencia de Newton siempre fue problemática. Sobre este tema se puede ver, por ejemplo, en Cohen (1962): "The First English Version of Newton´s Hypotheses non fingo".

[14] El argumento queda del siguiente modo:" Hasta el momento no he sido capaz de descubrir la causa de las propiedades de la gravedad partiendo de los fenómenos, y no propongo hipótesis, pues todo cuanto no es deducido a partir de los fenómenos debe llamarse hipótesis, y las hipótesis metafísicas o físicas, no tienen lugar en la filosofía experimental […] Basta que la gravedad exista realmente, y actúe con arreglo a las leyes que hemos explicado, y dé cuenta de todos lo movimientos de los cuerpos celestes y de nuestros mares" (Newton, conclusión de la Óptica)

[15] More había escrito a Descartes:" Si Dios aniquilase el universo y crease otro de la nada mucho después, ese intermundo o privación de mundo tendría su duración".

deductivo. El contexto de descubrimiento de una teoría no puede separarse del contexto de justificación. Por otra parte, desde el punto de vista sociológico, se considera decisiva la tenacidad del científico en la defensa de sus tesis, su resistencia a ser persuadido para cambiarlas, y su esfuerzo constante por afianzarse en su posición y por convencer a otros para que sean éstos los que modifiquen sus creencias.

Lo que podemos decir ahora, a la vista de los ejemplos que proporciona el uso de modelos en la investigación del cambio climático, es que el modo en que se construyen y utilizan los modelos, acentúa si cabe la subsistencia de una lógica de la persuasión en la actividad científica, que se manifiesta en las elecciones que aparecen en la construcción de los modelos a la hora de representar un fenómeno de una forma o de otra. En los modelos se hacen simplificaciones que dejan fuera infinitos aspectos de la realidad que se consideran irrelevantes para la representación del fenómeno que se investiga. Calificar algo de irrelevante requiere de juicios previos, de presuposiciones, sobre las causas que explican el fenómeno.

Hay que distinguir, no obstante, en estos ejercicios de persuasión, dos niveles: por un lado, el círculo interno de los expertos de una especialidad; y por otro lado, los demás ciudadanos, no expertos en esa especialidad concreta, que quedan como receptores de los resultados del modelo. En el primero de estos círculos, podemos decir que los debates pueden ser muy intensos y que el científico necesita ser una especie de campeón de la persuasión. No sólo se debate sobre argumentos concretos sino que otros elementos tienen un gran peso. Las reflexiones clásicas de Francis Bacon[16], actualizadas, nos sirven para sintetizar estos otros elementos: la inclinación a reafirmase en las propias creencias, la búsqueda de reconocimiento, la confianza en la autoridad de aquellos a los que este se ha otorgado, los conceptos y la terminología propia de cada disciplina y el cuadro físico del mundo como creencia de base en la que han de encajar las nuevas teorías. Todo ello son prejuicios que dificultan el cierre de los debates.

En el círculo externo las cosas son muy distintas. Hay que aceptar los resultados sin posibilidad de crítica. Ahora bien, esta consecuencia tiene dos lados. Por un lado hace que las decisiones tengan que ser tomadas en condiciones de incertidumbre, y para reducirla tienen aquí cabida los esfuerzos de los órganos de decisión para tratar de asegurar la calidad de la producción científica. Por otro, también es posible, sin embargo, tratar de llevar los resultados hacia dónde convenga. Los márgenes de maniobra son muy grandes cuando los rangos de incertidumbre son amplios y sobre todo cuando se encadenan modelos que proceden la mayoría de las veces de grupos de expertos distintos. Se puede entonces ejercer una cierta manipulación sin violencia.

[16] Francis Bacon habla de los ídolos de la tribu, de la caverna, del foro y del teatro.

Arbitrajes

Es esta falta de capacidad para cerrar los debates la que conduce a la necesidad de arbitrajes. La revisión entre colegas (peer review)[17], previa a la publicación de libros y artículos, se presenta habitualmente con la clave de la bóveda de la investigación científica, en cuanto que arroja fuera del debate aquellas tesis que no cumplen con el mínimo de calidad exigible.

Sin entrar en las virtudes y defectos de este procedimiento, podemos decir que éste actúa de un modo previo a la publicación. Sin embargo, la investigación del cambio climático ha producido además ejemplos de controles realizados con posterioridad a la publicación de un libro, o bajo las sospecha de un trabajo inadecuado que afecta a la calidad del conjunto de la producción científica que resulta de éste. El caso Lomborg[18], y el caso de los correos filtrados en la Unidad de Investigación del clima de la Universidad de East Anglia[19], en cuyos detalles no podemos entrar aquí, son dos casos en los que han intervenido comités que han valorado esta calidad, con resultados bastante diferentes.

El caso Lomborg termina poniendo en cuestión el funcionamiento del comité[20] que investigó la supuesta deshonestidad científica de Lomborg; el caso de los correos filtrados,

[17] En los medios académicos, la revisión por pares *(peer review*), es un mecanismo usado para validar trabajos escritos y solicitudes de financiación con el fin de evaluar su calidad, originalidad, factibilidad, o su rigor científico, antes de su publicación

[18] El caso Lomborg surge a partir de la publicación de "*El ecologista escéptico"*, un polémico libro escrito por Bjorn Lomborg (1965–), publicado originalmente en danés con el título *Verdens sande tilstand*, literalmente *El estado real del mundo* (Forgalet Centrum, 1998). Posteriormente se publicó una edición inglesa, revisada y mejorada con el título *The skeptical environmentalist* (Cambridge University Press, 2001) que sería la base de traducciones posteriores. En el libro se utiliza el instrumental estadístico, especialidad de Lomborg, para cuestionar los resultados de la corriente científica principal sobre el cambio climático. Las críticas al libro lo son principalmente del modo en que se utilizan estas herramientas estadísticas y se pone en tela de juicio la honestidad científica de Lomborg.

[19] El caso tiene su origen en la filtración de documentos y piratería informática a la Climatic Research Unit (CRU, la Unidad de Investigación Climática) de la Universidad de East Anglia (Norwich, Inglaterra) que comenzó en noviembre de 2009 cuando uno de sus servidores fue presuntamente hackeado. Personas no identificadas supuestamente hackearon un servidor usado por la CRU y de forma anónima publicaron en internet copias de los documentos encontrados. El incidente involucró más de 1000 correos electrónicos y 3000 documentos que constituyen un tamaño de 160 MB de información que muestran conversaciones de científicos, datos y opiniones sobre el tema del calentamiento global. [7] El incidente se difundió originalmente por Internet y de ahí a los medios de comunicación. De los correos filtrado parecía deducirse cierta deshonestidad en el tratamiento de datos. Esto originó la constitución de comités promovidos por el Parlamento británico y por la propia Univesrsidad de East Anglia.

[20] El Comité Danés de deshonestidad Científica, que se vio envuelto en una controversia tras su decisión en enero de 2003 sobre *El ecologista escéptico* de Bjørn Lomborg afirmando ser "claramente contraria a las normas de buenas prácticas científicas", debido a las sistemáticos sesgos que el autor realizó en la elección de los datos. Lomborg había argumentado en su libro que las afirmaciones de algunos ambientalistas acerca del calentamiento global, sobrepoblación, deforestación, y otras materias que no estaban científicamente sustanciadas. . En febrero de 2003, Lomborg presentó una denuncia ante el Ministerio contra el comité, y en

parece conducir, sin embargo, a un cierto reconocimiento bastante general del trabajo realizado por el comité que investiga el caso. Con todo, lo que destacamos aquí es que en ambos hay unas coincidencias importantes entre las que destaca la necesidad de pluralismo en la formulación de hipótesis. Tanto Chris Harrison, editor por parte de la Universidad de Cambridge del polémico libro de Lomborg, como sir Muir Rusell, presidente del comité que investigó los correos filtrados, apuestan por dejar que las hipótesis extrañas tengan la posibilidad de ser comunicadas y no sean descartadas demasiado pronto, en base a la autoridad de la corriente principal de cada disciplina.

¿Significa esto que es posible tomar por hipótesis simples ocurrencias?

No parece ser este el caso, en la práctica, dados los complejos sistemas de evaluación, y dadas las controversias entre editores, evaluadores y autores, que se traduce en nuestro caso en las discusiones sobre la bondad de cada modelo.

Existe además en principio un arbitraje de lo real, que valida unos modelos e invalida otros. Por ejemplo, la aplicación técnica valida los modelos matemáticos que se utilizan en el cálculo de estructuras cuando se diseña la estructura y funciona como estaba previsto.

El problema es que este tipo de arbitraje no está siempre disponible. El estudio del clima es uno de los casos en que no lo está y es la razón por la queda definitivamente abierta la pregunta sobre la fiabilidad de los modelos climáticos. Abierta no significa, sin embargo, que todos los argumentos tengan el mismo valor. Por ello tiene sentido el arbitraje, y por ello habrá que trabajar sobre la mejora de los sistemas actuales de arbitraje para adaptarlos a las nuevas formas que ha tomado la investigación científica y en concreto al uso generalizado de modelos matemáticos.

Conclusiones

En el uso de modelos matemáticos subsiste una componente importante de persuasión, especialmente en las discusiones que se producen dentro del círculo de expertos capaces de entender las interioridades de un cierto modelo, que es un círculo bastante reducido. En este círculo se discute en última instancia sobre lo que es subjetivamente evidente, pero que no es aceptado como objetivamente evidente por otros. Estos dilemas se presentan en forma de opciones entre las que es posible elegir distintas soluciones, que aparecen de forma continua en todo el proceso de construcción del modelo, y es el caso que dependiendo de estas elecciones los resultados del modelo pueden variar de forma significativa.

---

diciembre de 2003, el Ministerio encontró que el tratamiento de la investigación había sido irregular, y lo remitió a un nuevo examen. En marzo de 2004, el comité reconoció que no había base para volver a abrir la investigación, y desestimó el caso.

Fuera de este círculo, el modelo y sus resultados tienden a ser aceptados, o rechazados, sin una crítica fundamentada. La aceptación o rechazo depende más bien de si los resultados son convenientes para los intereses, creencias y valores del que lo recibe y/o en función del reconocimiento que merece la autoridad de la comunidad científica que lo avala.

Las experiencia que se tienen en relación con la investigación del cambio climático, proporciona ejemplos, no obstante, de que se pueden constituir comités investigadores que funcionen razonablemente bien y que contribuyen a hacer un poco más transparentes los modelos, de modo que las decisiones que se basen en ellos estén mejor fundamentadas. Sus veredictos no son definitivos, pero contribuyen a buscar un equilibrio entre un escenario caótico de simples ocurrencias y el inmovilismo que se deriva de la defensa tenaz de las hipótesis, pase lo que pase. Este no es un reto menor, puesto que la subjetividad en si misma no es evitable, pero puede hacerse menos peligrosa cuando queda menos oculta, o al menos cuando las decisiones se toman siendo más consciente de ella.

Desde una perspectiva más amplia, el problema puede verse como una nueva edición de un problema antiguo; la tensión entre ignorancia y tolerancia. Sócrates identificaba el mal con la ignorancia, y el saber con la virtud y la felicidad. El escepticismo que se desarrolla más tarde en la Academia media, sin embargo, considera un peligro mucho mayor la intolerancia que procede del dogmatismo de aquellos que creen estar en posesión de la verdad. Trasladada al momento actual esta tensión tiene una de sus expresiones en las controversias entre la corriente científica principal de una cierta disciplina que domina el estado del arte de la misma, y los científicos denominados precisamente escépticos. La falta de rigor es un peligro sin duda, como lo es también poner obstáculos a enfoques nuevos. En la búsqueda del equilibrio entre ambas actitudes, juegan sin duda un papel importante los arbitrajes. El problema es que el uso indiscriminado de modelos matemáticos hace muy difícil el ejercicio de estos arbitrajes, que son dependientes en una última instancia del control ejercido desde dentro del círculo de expertos de cada especialidad, y el peligro reside en la tendencia natural de estos expertos a ser excesivamente tenaces en la defensa de sus tesis.

Por otra parte, paradójicamente, cuando los modelos se encadenan unos con otros, o cuando existe un conjunto de modelos para representar un mismo fenómeno, hacen posible que desde el exterior del círculo de expertos, desde los órganos de decisión, se puedan llevar los resultados, y por lo tanto las consecuencias para la acción, hacia donde resulte conveniente, sin forzar el trabajo de cada experto.

Finalmente, si los órganos de decisión se amplían, e incluyen alguna forma de participación pública, es esperable que el arbitraje de lo real adquiera un mayor peso en las decisiones. Las cosas que van pasando van condicionando lo que se toma por una creencia verdadera. Las evidencias configuran las creencias y por lo tanto las decisiones. Con todo ello, la toma de decisiones tecnológicas queda como un problema que hay que abordar considerando de un modo conjunto los aspectos epistemológicos y sociológicos, algo que trata de hacer la tesis que sirve de soporte a esta presentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldred, J., "Ethics and climate change cost-benefit analysis: Stern and after", Environmental economy and policy research. Discussion paper series, nº 44, 2009

Arrow, K., "Individual values and social Choice", Wiley, New York, 1963

Arrow, K., "Global Climate Change: A Challenge to Policy", Economist's Voice 4 (3), 2007

Betz, G., "Under-determination, model ensembles and surprises: on the epistemology scenario-analysis in climatology", Journal General of Philosophy of Science, 40:3-21,Springer Science + Business Media B.V., agosto de 2009

Bayley, R., "Stern Measures", Reason Magazine, 3 November 2006, accesible en: http://reason.com/archives/2006/11/03/stern-measures

Cohen, I.B., "The First English Version of Newton´s Hypotheses non fingo", vol 53, nº 173, 1962

Dasgupta, P. S., "On some alternative criteria for justice between generations" Journal of Public Economics, 3(4), 405-423, 1974

Dasgupta, P. S, "Human Well-being and the Natural Environment", Oxford University Press, 2001

Gardiner, S., "Ethics and global climate change" Ethics, 114, 550-600. 2004

Fienberg, S. E., "Subjective bayesian models and methods in public policy and government settings", Carnegie Mellon University, ¿2009?

Giere, R. N., "Using models to represent Reality", Centre for Philosophy of Science. University of Minnesota, 2003

Gutierrez, J.M., Pons M. R., "Modelización numérica del cambio climático: bases científicas, incertidumbres y proyecciones para la península Ibérica", Revista de Cuaternario y Geomorfología, 20 (3-4), 15-28, 2006

Hatzav, J. et alter, "Assessing climate model projections: State of the art and philosophical reflections", Studies in History and Philosophy of Modern Physics, 43:258-276, 2012

Haussman, D., McPherson, P., "Economic analysis. Moral philosophy and moral policy", Cambridge University press, 2006

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Climate Change 2007. The physical science basis: Summary for policy makers", 2007, disponible en www.ipcc.ch

Knill, D.C., "Perception as Bayesian Inference", Cambridge University Press, 1996

Mongin, P., "Value judgements and value neutrality", Economica, vol. 73, 2003

Monbiot , G., "Un intercambio de almas. Una crítica al informe Stern", The Guardian, abril 2008

Nordhauss, W., "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change, Journal of Economics Literature, vol XLV: 686-702, sept. 2007

Reisman, G., "Britain's Stern Review on Global Warming: It Could Be Environmentalism's Swan Song", blog on economics, politics, society and culture, 1 de noviembre de 2006, accedido en: http://georgereismansblog.blogspot.com.es/2006/11/britains-stern-review-on-global.html

Semenov, M. A., Stratovitch, P., "Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts", Climate Research, vol 41: 1-14, 2010.

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

Stern Review web page, "Background to the Stern review on the Economics of the Climate Change": www.hmtreasury.gov.uk

Solomon S. et al., "How reliable are the models used to make projections of future climate change? Contribution of working group I to the forth assessment report of the IPCC", Miler (eds). Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom and New York, NY, USA, 2007

Suppes, P., "A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences", 1960.

Weitzman, M. L., "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change**",** Journal of Economics Literature, vol XLV: 703-724, sept. de 2007

Yohe, G., Tol, R., "Report on Reports. The Stern Review: Implications for Climate Change", Environment. Science and policy for sustainable development, marzo de 2007, accedido en: http://www.environmentmagazine.org/Archives/Back%20Issues/March%202007/Yohe-full.html