

Constructivismo social y neutrinos solares

EUGENIO MOYA CANTERO*

Todos conocemos que, al calor de la teoría de Kuhn, los estudios sociales de la ciencia han trasladado su atención desde el contexto de validación hasta el contexto de descubrimiento. La razón es esta: si, como sugirió Kuhn, las comunidades científicas pueden ser aisladas e identificadas simplemente estudiando la conducta de sus miembros y sus prácticas investigadoras, sin previo acceso a las teorías compartidas¹, el consenso característico de los periodos de «ciencia normal» no pueden ser concebidos como un simple resultado del compromiso con los hechos, sino como un resultado inducido por el cierre de una controversia en la que los elementos retóricos, los actores y recursos movilizados no pueden ser separados de la misma discusión de la verdad. El peso de la evidencia experimental y los valores epistémicos (capacidad predictiva, simplicidad, coherencia...) han limitado hasta tal punto su papel en la «lógica» de la investigación científica que, si hemos de creer a los constructivistas sociales², son variables no epistémicas (intereses, necesidades financieras, carreras profesionales, etc.) las claves para explicar *causalmente* la formación de las teorías científicas. Así, forzando lo que ellos mismos han llamado³ una «interpretación radical» de Kuhn, el *constructivismo social* ha hecho de la controversia el lugar privilegiado desde donde mirar el proceso de producción del conocimiento científico. Si investigamos las disputas científicas sobre la verdad u objetividad de una teoría, nos recomiendan que no estudiemos, por tanto, los datos o hechos en los que esa teoría se apoya sino, más bien, en cómo es difundida, cuántos recursos financieros moviliza o cuántas adhesiones promueve; en último término —argumentan—, *el cierre de una controversia científica es la causa de la representación de la realidad y no su consecuencia*.

Básicamente en estos últimos años hemos asistido, así, a una fuerte polémica⁴ entre quienes piensan que el cambio y el consenso científicos se deciden, finalmente, por *encuentros con la realidad* y aquellos otros que consideran que, en último término, lo que decide uno y otro son *conversaciones entre colegas*, es decir, la circulación social de los conocimientos.

* **Dirección para correspondencia:** Departamento de Filosofía. Universidad de Murcia. E-mail: emoya@fcu.um.es

1 KUHN, TH. S., *The structure of scientific revolutions*, Chicago: Univ. of Chicago Press, 1970. (2ª ed. rev.), p. 175.

2 Bajo este título agrupamos desde el Programa Fuerte de la Sociología del Conocimiento (Bloor) hasta los estudios de ciencia de Latour y Callon, pasando por el Programa Empírico del Relativismo de Collins y Pinch.

3 Vid. PINCH, T., «Kuhn -The Conservative and Radical Interpretations: Are Some Mertonians 'Kuhnians' and Some 'Kuhnians' Mertonians?», en: *45 Newsletter*, 2/1 (1982), pp. 10-25. Sobre la existencia de dos Kuhn, uno moderado y otro radical es útil la lectura del artículo de Tim Maudlin «Kuhn defanged: incommensurability and theory-choice», en *Revue Philosophique de Louvain*, 94 (1996), pp. 428-446.

4 El capítulo más sonoro de esta polémica ha sido el «caso Sokal». Sokal ha acusado a la filosofía postmoderna de la ciencia de impostura intelectual. Véase SOKAL, A. y BRICMONT, J., *Imposturas intelectuales*. Barcelona: Paidós, 1999. He analizado este caso en «A. Sokal, Th. Kuhn y la epistemología postmoderna», en: *Revista de Filosofía* (Universidad Complutense), 22 (1999).

En el primer capítulo de mi *Crítica de la razón tecnocientífica* intenté perfilar —según González Castañ, sin mucho éxito— no sólo las líneas fundamentales de este debate sino también los puntos básicos de mi perspectiva. En esencia, mantuve allí que hay logros innegables del constructivismo social, pero que el «*papel de la realidad no puede ser insignificante*», porque «*la realidad no se agota en nuestro comercio lingüístico o teórico*» (Madrid: Biblioteca Nueva, pág. 264). En este trabajo me gustaría aclarar ambos extremos al hilo del análisis y reflexión de la controversia científica en torno a los neutrinos solares, una controversia que ha sido utilizada por los estudiosos postmodernos de la ciencia, precisamente, como una muestra más de que la *naturaleza es una construcción social*.

El universo está formado por las mismas partículas (protones, neutrones, electrones, neutrinos y algunas otras), por los mismos elementos y por idénticas moléculas que la materia terrestre. La composición del universo es hoy de un 75% de hidrógeno, 24% de helio y el 1% de otros elementos. De estos elementos, el hidrógeno es el elemento más simple y quizás, de creer la teoría del *Big Bang*⁵, el único componente del universo primitivo. Los otros elementos se originaron a partir de él por reacciones termonucleares que se producen en las estrellas. Éstas son pequeñas acumulaciones de materia con temperatura muy elevada que emiten gran cantidad de energía (en forma de luz, ondas radioeléctricas, etc.) como consecuencia de la fusión del hidrógeno, su transformación en helio y éste en otros elementos más pesados (carbono, oxígeno, neón, silicio, magnesio, etc.). Desde las investigaciones que en los años cincuenta realizaron el matrimonio Burbidge, Fred Hoyle y William Fowler (retengamos este nombre, pues se convertirá en pieza clave del primer experimento del neutrino solar), este proceso es conocido como nucleosíntesis, un proceso del que intenta dar cuenta la *teoría astrofísica de la evolución estelar*⁶. Según ésta teoría, las estrellas no son, a diferencia de lo que pensaban los antiguos, ni fijas ni eternas. Ellas nacen por contracción gravitatoria de la materia de las nebulosas y evolucionan por un proceso similar: la contracción gravitatoria determina que disminuyan su volumen, aumentando su energía interna: los choques entre las partículas que lo componen son más frecuentes, lo que genera energía térmica. El Sol es, por ejemplo, una estrella que alcanza en su centro temperaturas del orden de los 15 millones de grados Kelvin. En tales condiciones, se desencadenan reacciones termonucleares que transforman el hidrógeno en helio. La gran cantidad de energía liberada frena la contracción gravitatoria y la estrella entra en una etapa de equilibrio hasta iniciarse un nuevo ciclo de contracción que termina en las estrellas de mediana magnitud con un colapso gravitacional y con una nueva producción de energía en las de gran tamaño. Precisamente, fue el estudio de las reacciones procedentes del núcleo del Sol el que motivó los famosos diseños experimentales del neutrino que se han llevado a cabo en los últimos treinta años. Veamos.

En 1967 Raymond R. Davis, en efecto, intentó, en colaboración con el Instituto Tecnológico de California, dirigido por William Fowler, dar un respaldo experimental a la teoría de la evolución estelar mediante la detección de neutrinos solares. La importancia de este experimento se entiende desde el momento en que conocemos que casi toda la radiación solar es debida a procesos que ocurrieron realmente hace millones de años; los rayos de luz, por ejemplo, tardan, debido a las innumerables series de absorciones y reemisiones, al menos un millón de años en escapar del núcleo solar. Los neutrinos, en cambio, como, al carecer de masa y carga eléctrica, interactúan raramente

5 Una exposición divulgativa, pero rigurosa del Big Bang es la de MERCADER, J.P. *¿Qué sabemos del universo?* Madrid: Debate, 1997.

6 Ver LÓPEZ, C., *Universo sin fin*. Madrid: Taurus, 1999, pp. 163 y ss.

con otras partículas, tardan menos de tres segundos en alcanzar la superficie del astro solar y menos de diez minutos en recorrer los 150 millones de kilómetros que separan al Sol de la superficie terrestre. De este modo, los miles de millones de neutrinos por segundo que atraviesan la Tierra o una parte de ellos, podían proporcionar un testimonio relevante para comprobar si la fuente de energía de la estrella más cercana a nosotros es la fusión.

Según la teoría de la evolución estelar, la energía se produce en el núcleo de las estrellas por reacciones termonucleares, la más importante de las cuales es, como decíamos, la transformación de hidrógeno en helio; siendo el exceso de masa de cuatro átomos de hidrógeno sobre uno de helio convertido en energía de acuerdo con la conocida relación $E=mc^2$. Para una masa como la del Sol, se considera que el proceso de conversión de helio a partir de hidrógeno puede poner en juego la serie protón-protón, la de protón-electrón-protón o la síntesis de elementos como el Berilio 7 o el Boro 8. Estas reacciones pueden ser calculadas de manera probabilística. La que conlleva la producción del isótopo radiactivo Boro 8 produce una desintegración que libera un neutrino altamente energético, que, debido a la interacción débil con la materia que comentábamos, es difícil de captar. No obstante, puede ser detectado utilizando medio millón de litros de tetracloroetileno, ubicados en una mina en Homestake, Dakota del Sur (EEUU), a una profundidad de una milla, con el fin de evitar interacciones con otras partículas que pudieran producir efectos parecidos a los que produce el neutrino solar. Así, cuando el neutrino interactúa con el líquido de barrido, el cloro 37, cuyo núcleo posee 17 protones y 20 neutrones, transforma uno de esos neutrones en protón, desprendiéndose un electrón. Se produce entonces un átomo de argón radiactivo (18 protones y 19 neutrones), un átomo que, al tener una vida de 35,1 días, podemos controlar mediante un contador de desintegración radiactiva. Pueden comprobarse, así, el número de neutrinos liberados por el Sol y contrastar los resultados con las predicciones teóricas. Este era, básicamente, el plan experimental de Davis⁷.

Como resultó con el «viento del éter» en el experimento de Michelson-Morley (1881-1887), el experimento del neutrino solar ha tenido un resultado frustrante. Así, aunque en 1964 el flujo de neutrones predicho fue de 40 unidades y en 1967, fecha de la primera tentativa experimental, de 19, nunca se pudieron detectar más de un tercio de los calculados⁸. Una prueba, planteada inicialmente como aval empírico de la teoría de la evolución estelar, proporcionaba una anomalía que desafiaba el ingenio científico de quienes se negaban a reconocer sus resultados como un contraejemplo del paradigma astrofísico establecido. Pero, si la fuente de la energía estelar es la termofusión, ¿cómo interpretar los resultados «negativos» del experimento?

Lo primero que hemos de tener en cuenta es que en el diseño experimental estaban involucradas tres campos científicos: la astrofísica nuclear, la física de partículas y la radioquímica. La primera proporcionaba el soporte teórico relativo a la estructura y evolución de las estrellas; la segunda, la teoría de las desintegraciones radiactivas⁹; mientras que la radioquímica ofreció la posibilidad de separar el elemento radiactivo recién formado, o sea, el argón, del líquido de barrido en el que el neutrino hacía blanco. Era tal la cantidad de informaciones básicas disponibles, el número de hipótesis aceptadas sin discusión, que hablar de un resultado negativo del experimento del

7 Vid. BAHCALL, J. y DAVIS, R., «An account of the development of the solar neutrino problem», (1982), reimpresso en *Neutrino Astrophysics*, Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

8 Cfr. PINCH, T., *Confronting Nature: The Sociology of solar-Neutrino Detection*, Dordrecht: Reidel, 1986, p. 31; LÓPEZ, C., *Universo sin fin*, pp. 406-407.

9 Desde que Wolfgang Pauli teorizara la existencia de neutrinos en 1930 como partículas de masa y carga eléctrica nulas, se pensaba que la única manera de detectarla era que fuera absorbida por el núcleo de un átomo de un elemento que al volverse inestable acabara desintegrándose. Así lo hicieron en la década de los cincuenta F. Reines y C. Cowan.

neutrino resultaba bastante arriesgado: a qué hipótesis y a qué campo habría que dirigir la lógica falsadora. Es evidente que, dada la complejidad del diseño experimental, hablar de una falsación empírica de la teoría de las reacciones termonucleares del Sol resultaba prácticamente ininteligible, como igualmente ininteligible resultaba, y resulta, disociar teoría y observación. La hipótesis de la carga teórica de las observaciones tendría en esta clase de experimentos un aval privilegiado¹⁰.

Por otro lado, la técnica experimental requería la colaboración de teóricos y experimentadores. Ciertamente, un experimento como el del neutrino muestra lo difícil que es seguir sosteniendo el modelo gnoseológico del descubridor. La realidad es que en éste, como en tantos otros experimentos de la ciencia profesional, hay que hablar de un auténtico *braintrust*. Concretamente, Davis necesitó, al menos, la ayuda de Fowler, la coordinación experimental de J. Bahcall, un físico teórico discípulo de Fowler, y la intervención de muchos especialistas del CalTech que proporcionaron los modelos computerizados de la evolución solar y los cálculos de los flujos de neutrinos. Desde el principio, pues, las interpretaciones de resultados podrían ser diferentes.

El tercer dato importante a retener es el de la financiación del proyecto. J.F. Lyotard ha defendido en *La condición postmoderna* que las necesidades financieras de la macrociencia actual (ciencia + tecnología + grandes centros de investigación) hacen imprescindible las aportaciones de capital público y privado y, por ende, justificar la importancia de las investigaciones o descubrimientos, lo que sitúa a la tecnociencia no bajo el juego de lenguaje de la denotación, sino bajo el juego lingüístico de la performatividad¹¹. Dicho de otro modo: la ciencia en una actividad en la que la retórica y la negociación se han convertido en la condición misma de la «verdad». El caso del neutrino solar es en este sentido paradigmático. Y aquí es donde el constructivismo social hace intervenir su modelo sociológico. En efecto, según Collins y Pinch, existen fuertes indicios de que las predicciones del flujo de neutrinos solares variaban en proporción directa a la necesidad financiera del proyecto. Así en 1964, año en que la Comisión de Energía Atómica, la Fundación Nacional de la Ciencia y la NASA financiaban el proyecto con 600.000 mil dólares¹², el flujo predicho fue de 40 unidades, cuando todos los cálculos posteriores, como se ve en el gráfico de la página siguiente, contemplaron predicciones mucho menores.

La retórica de la crucialidad del experimento exigía unas expectativas sin las que el proyecto no habría recabado los fondos necesarios¹³. De hecho, científicos como Maurice Goldhaber, director entonces del Laboratorio Nacional de Brookhaven, en el que Davis trabajaba, adoptaron una actitud cautelosa, pues, sobre todo entre los físicos de partículas, educados en laboratorios científicos de «línea dura», la astrofísica les parecía poco precisa desde el punto de vista de su contrastación experimental.

Como ha sostenido Kuhn¹⁴, en la historia de la ciencia asistimos a episodios «extraordinarios» en el que los científicos realizan toda una serie de juicios de valor, pues el uso de argumentos lógi-

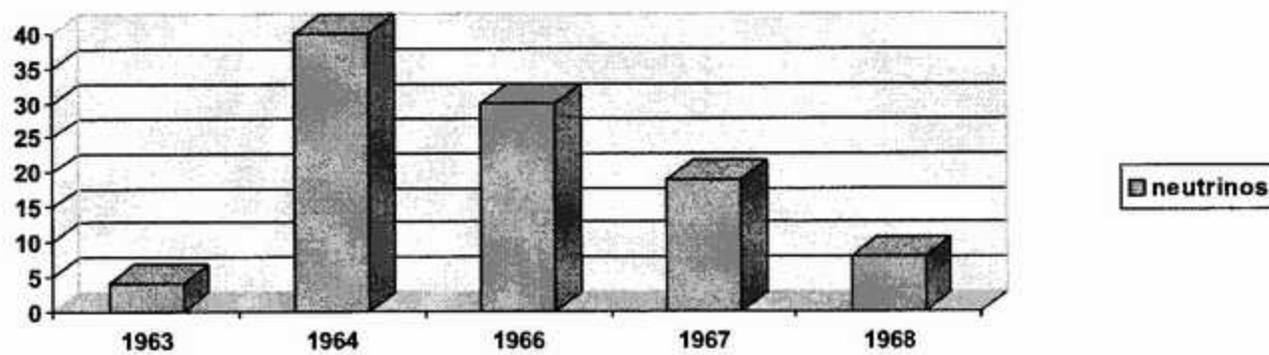
10 Es interesante ver las reflexiones de Dudley Shapere en «Empirismo y búsqueda de conocimiento» (en: *Teorema*, XII/1-2, 1982, pp. 5 y ss) sobre el concepto de «observación» a propósito del experimento del neutrino solar.

11 Vid. LYOTARD, J.-F., *La condición postmoderna*, Madrid: Cátedra, 1987, especialmente el cap. 11, pp.79 y ss.

12 Hemos de tener en cuenta que el Proyecto europeo de detección de neutrinos «Antares» (ver *infra* nota 26) ha sido presupuestado en 2.500 millones de pesetas.

13 Vid. sobre estos aspectos: COLLINS, H. y PINCH, T., *El gólem. Lo que todos deberíamos saber acerca de la ciencia*, Barcelona: Crítica, 1996, pp. 143 y ss.

14 KUHN, Th. S., «Objetividad, juicios de valor y elección de teorías», en: *La tensión esencial*, México: FCE, 1982, pp. 344 y ss. Igualmente, «Racionalidad y elección de teorías», en: *Qué son revoluciones científicas y otros ensayos*, Barcelona: Paidós, 1989, pp. 137 y ss.



cos y empíricos, aun sin carecer de importancia, no sirven para tomar decisiones. Es en tales fases de investigación en las que asistiríamos al primado kantiano de la razón práctica. Es la «razón teórica», si cabe hablar así, la que cumple fundamentalmente el trabajo pormenorizado de construcción y desarrollo de las teorías, pero es la «razón práctica» la que decide en aquellos momentos en los que un avance sólo puede ser creído y esperado. El juego de la performatividad, como sostenía Lyotard, parece tener, pues, un lugar destacado. Hay un dato en este punto relevante: una vez que el proyecto recibió los fondos, el equipo dirigido por Davis cayó en la cuenta de que uno de los cálculos sobre reacciones nucleares había sido erróneo para energías bajas y que tendría que reducirse el número de neutrinos predichos de 40 a 19. Incluso Bahcall, antes de cambiar de opinión en 1969¹⁵, estuvo dispuesto a «afinar» más que el propio Davis para defender que los resultados no eran, en contra de lo que el mismo Davis pensaba, contrarios a la teoría astrofísica de las reacciones termonucleares; así, en 1968 realizó ciertas correcciones de algunos parámetros y redujo la predicción a 7.5 neutrinos. Las articulaciones *ad hoc* de experimento y teoría empezaban a estar claras.

En la ciencia profesional el logro original y personal ha sido sustituido por el trabajo *disciplinado* en equipo; los grupos se han hecho, en gran parte, impersonales, pero depositarios de múltiples intereses; entre otros, el deseo institucional de sobrevivir a «cualquier precio». La necesidad de ver financiados y publicados determinados programas de investigación ha configurado toda una liturgia en la que los expertos que tienen «visibilidad» académica y política resultan piezas claves. El fraude¹⁶, el clientelismo, y, en el mejor de los casos, la sintonía con el paradigma establecido, se han convertido en un auténtico *modus vivendi* del científico. Pero, ¿fue éste el caso de Bahcall? Las conclusiones de Collins y Pinch son en este punto meridianamente claras: aunque reconocen que es arriesgado imputar estrategias a científicos individuales y nos aconsejan ser cautos ante cualquier modelo simplista que los presente como calculadores racionales que siempre intentan promover lo que mejor vaya a sus carreras, concluyen¹⁷, sin embargo, que fueron razones no epistémicas las que en principio convirtieron a Bahcall en un firme defensor de la importancia del éxito del experimento de Davis y más tarde en un vehemente defensor del problema de los neutrinos solares. Desde luego, hay un dato cierto: Bahcall ha logrado hacer carrera con los neutrinos solares insistiendo en dis-

15 BAHCALL, J., «Neutrinos from the Sun». *Scientific American*, July 1969, p. 28.

16 Un interesantísimo dossier sobre el fraude científico puede leerse en *Mundo científico*, 206 (1999), pp. 49-63.

17 COLLINS, H. y PINCH, T., *EL gólem. Lo que todos deberíamos saber acerca de la ciencia*, p. 157.

tintos foros en la importancia científica del problema de los neutrinos¹⁸. De cualquier forma, independientemente de si estamos ante razones o simples motivos personales, hay otra cosa clara: las hipótesis para explicar los resultados se sucedieron. Para algunos el problema había que buscarlo en el propio líquido testador, porque los neutrinos podían quedar retenidos inadvertidamente en el tanque. Para descartar esta posibilidad, el mismo Davis introdujo quinientos átomos de argón directamente en la piscina, quinientos átomos que fue drenando del tanque con la eficacia prevista. La firmeza del test de Davis no hizo decrecer el número de soluciones *ad hoc*.

En 1978 se habían publicado más de cuatrocientos artículos que intentaban articular experimento y teoría. Entre esas articulaciones figuraba una, la de la «oscilación neutrínica», que en buena lógica falsacionista debería haberse eliminado como una estratagema impropia de la deontología científica.

Podríamos presentar esta hipótesis del siguiente modo: la mayoría de los neutrinos emitidos por el Sol y que son creados en el proceso de transformación de hidrógeno en helio son resultado de reacciones como la de los protones y, por tanto, carecen de energía suficiente para provocar la reacción con el cloro. Este era el problema de los neutrinos solares. Otros experimentos posteriores, en particular los realizados en Japón desde 1982 hasta hoy¹⁹ en una mina de Kamioka, diseñados para estudiar la posible desintegración del protón, no ofrecieron resultados mejores. De todas formas, en los años noventa se han construido nuevos detectores subterráneos en Rusia²⁰, en Italia²¹ y en Canadá²², sensibles a neutrinos de baja energía, que, aunque han mejorado los resultados de Davis, siguen siendo inferiores a los predichos teóricamente: el flujo medido es del orden del 60% del estimado teóricamente²³. Rechazadas otras respuestas —por ejemplo, que la temperatura del Sol en su centro fuera menor de lo estimado o que el ritmo de reacciones termonucleares fuera menor, incompatibles con los actuales modelos de la estructura y dinámica solar, sólo podía pensarse que, como dice Bahcall, «algo les ocurre a los neutrinos solares una vez producidos en el interior del Sol»²⁴. Pero, ¿qué puede ocurrir? Dado que hay tres tipos de neutrinos²⁵, los neutrinos habrían oscilado de una a otra clase, es decir, los neutrinos incidentes en la Tierra estarían formados por una mezcla de especies, procedentes todas ellas de la única generada en origen, pero sólo los que quedaran de esta última, los más energéticos, darían una señal visible en los detectores. Evidentemente, contrastar esta hipótesis hace necesarios experimentos capaces de captar el flujo de todas las especies y, con ellos, un cambio en la consideración de estas partículas, pues si

18 BAHCALL, J., *Neutrino Astrophysics*. Cambridge, Cambridge University Press, 1989; «Solar neutrinos: where we are», *Proceeding of the 18 th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics*, 1997, «Standard Solar Models», *Invited talk at Neutrino 98*: Tokayama, Japón, 1998.

19 SUPERKAMIOKANDE Collaboration., «Measurements of the solar neutrinos flux from Super-Kamiokande's First 300 days», en: *Physical Review Letters*, 81 (1998), p. 1158.

20 El SAGE, realizado por rusos y norteamericanos en el valle del Rio Baksan (Caucaso norte) y que utiliza como detector treinta toneladas de metal de galio puro.

21 El GALLEX, realizado por científicos europeos en el macizo del Gran Sasso, en los Apeninos italianos y que utiliza un tanque de cloruro de galio.

22 El SNO, realizado en Ontario en 1998, con 1.000 toneladas de agua pesada.

23 GALLEX Collaboration, «GALLEX solar neutrino observations results for GALLEX IV», en: *Physical Letters*, B447, p. 127; SAGE Collaboration: «Measurement of the solar neutrino capture rate with gallium metal», en: <http://xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/9907113>.

24 BAHCALL, J., «Solar neutrinos: where we are», *Proceeding of the 18 th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics*, 1997, <http://xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/9702057v2>.

25 Existen tres tipos de neutrinos: los neutrinos electrónicos, los muónicos y los del tau.

oscilan es que interaccionan con otras y, por tanto, tienen masa, en contra de lo que ha sido habitual pensar²⁶.

Como vemos, el experimento del neutrino solar, al igual que tantos otros, resultó ser menos crucial de lo esperado. Y es que si con Popper, y frente al positivismo, podemos sostener que la naturaleza, la realidad, nunca dice rotundamente «sí» a nuestras propuestas teóricas, hay que resaltar igualmente que raramente nos proporciona un «no» taxativo: el inicio en los años ochenta y noventa de cuatro diseños experimentales de segunda generación, el SAGE, el GALLEX, el Superkamiokande y el SNO, son la mejor prueba de ello.

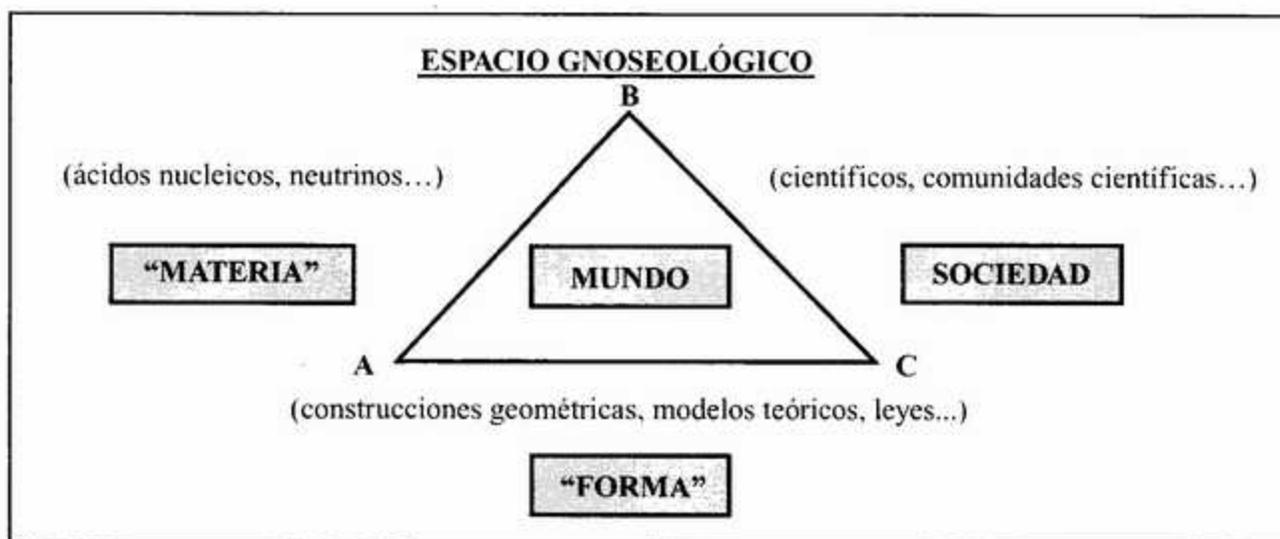
Ahora bien, ¿significa esto afirmar, como hace el constructivismo social, que la naturaleza es dispensable y que en vano podemos invitar al Sol a decidir, al margen de los contendientes científicos, laboratorios, textos, recursos, *qué es lo que realmente sucede*, porque describir hechos es «describir la gente que enrolan y controlan»?²⁷

Resulta claro que los estudios sociales de la ciencia han acumulado contraejemplos y han tornado insostenible la idea positivista de que la ciencia se caracteriza por contener proposiciones teóricas que se derivan de unos enunciados los enunciados protocolares o básicos que expresan los hechos y nada más que los hechos; o sea, que expresan *cómo es realmente el mundo*, sin retoque, sin modificación o añadidura alguna²⁸; han hecho ingenua, en definitiva, lo que en el fondo fue la versión metacientífica de la idea filosófica (de Husserl, de Heidegger o de Ortega y Gasset) de la verdad como *desvelación* o *des-cubrimiento*. Y es que la misma idea de des-cubrimiento, lo que hace es hipostasiar lo que podríamos llamar la «materia» (contenido) del conocimiento y negar todo valor cognoscitivo a los elementos «formales» o teóricos. Significa, por tanto, creer ingenua y acríticamente en la existencia de «hechos brutos» y olvidar que el trato con los fenómenos, con registros de enunciados protocolares como «*Aquí y ahora, rojo*», nos mantiene en el frágil terreno de un mundo subjetivo vivido en virtud de una determinada constitución neurofisiológica. De hecho, son las «formas», las estructuras, que aportan nuestras propuestas teóricas, las que nos permiten «construir» de un mundo trans-subjetivo, *un mundo constituido por tres ejes cognoscitivos*. El primer eje sería el referente de nuestras propuestas teóricas o técnicas y tendría que ser definido de modo fisicalista. Englobaría todas aquellas entidades del mundo físico exterior, tales como las entidades a las que nos referimos cuando hablamos de neutrinos, ácidos nucleicos, elementos químicos, campos electromagnéticos, edificios, mesas, satélites artificiales, etc. El segundo eje representaría lo que tradicionalmente se ha entendido como «sujeto del conocimiento» (individual o social). Por último, hablaríamos de un tercer eje, el «formal», que representaría todos aquellos objetos abstractos, como los números, las construcciones geométricas o los modelos teóricos, con los que aprehendemos las realidades del primer eje cognoscitivo. Gráficamente:

26 De hecho está previsto que entren en funcionamiento entre el 2002 y el 2003 dos de los experimentos más interesantes: el que diseñan científicos del Fermi National Accelerator Laboratory en Chicago, que enviarán por debajo de la superficie terrestre hasta un detector situado en una mina de hierro al norte del Estado de Minnesota, con lo que se espera medir las oscilaciones neutrónicas y, por tanto, las masas de esas partículas que, hoy por hoy, la astrofísica considera cruciales para determinar el futuro del Universo; y el que diseñan 14 instituciones europeas en el fondo del Mediterráneo —Proyecto Antares— a 50 kilómetros de la costa francesa para detectar los neutrinos procedentes de lejanas galaxias.

27 LATOUR, B., *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor, 1992, pp. 91-97.

28 He reconstruido la crisis del positivismo en la filosofía contemporánea en *La disputa del positivismo en la filosofía contemporánea*. Murcia: Publicaciones de la Universidad de Murcia, 1997.



El significado gnoseológico de este modelo es claro si volvemos al esquema tradicional del conocimiento «sujeto/objeto». Según este esquema, el conocimiento verdadero es aquel que permite *reflejar mentalmente el mundo*, es decir, expresaría una relación afortunada entre los ejes A-B/B-C, sin embargo no tiene en cuenta que nuestra mente, más que un espejo que refleja, es un nodo en el que se entrecruzan entidades formales, materiales y sociales.

El espacio cognoscitivo descrito puede ser ilustrado con un ejemplo. En el campo de la astronomía contamos desde hace tres siglos con el concepto de «órbita planetaria». Fue Kepler quien apuntó que esas órbitas eran elípticas y, en consecuencia, elaboró sus famosas leyes. Evidentemente, a menos que pensemos en unos carriles elípticos por los que se deslizan los planetas, el modelo elíptico no pertenece al eje material. Tampoco al eje subjetual, porque, lejos de ser dispositivos meramente conceptuales o lingüísticos, nos permiten calcular las trayectorias y predecir las posiciones de los planetas; por tanto, tendremos que concluir en que las leyes keplerianas pertenecen de suyo al eje formal.

Pero, el reconocimiento expreso del papel de las «formas» en el campo científico, ¿no nos situaría definitivamente en la trinchera del *constructivismo social*, o sea, en la defensa de la tesis de que *la realidad es un constructo* y, además, *un constructo socialmente situado* (en el género, en la etnia, en la cultura, etc.)

Las investigaciones sociales y etnográficas de los constructivistas son la mejor prueba de que la historia y la sociología de las ciencias, lejos de servir para aportar anotaciones a pie de página a la historia de las teorías científicas, tienen un sentido genuinamente interno; sin embargo, las derivas postmodernas, que entienden las teorías científicas como construcciones cuya estructura se moldea con independencia de la «realidad», *privan a la ciencia, injustificadamente, de cualquier fundamento objetivo*. Y aquí está su error. Podríamos afirmar que la incorporación de materiales históricos y sociales se consigue a costa de *reducir las ciencias a la condición de formaciones culturales desconectadas de la objetividad y la verdad*.

Si volvemos a hablar de neutrinos entenderemos en su exacto sentido las tesis del enfoque semiótico de Latour y Callon. Cuando los físicos comenzaron en los años treinta a hablar de unas partículas sin masa, que difícilmente interactuaban con el resto de la materia, hacían una apuesta teórica, pues hasta los años cincuenta no hubo constancia empírica de que habitara, el mundo. Des-

de entonces todos los físicos pensaban que el Sol emitía neutrinos y que podíamos medirlos en la Tierra. Esa fue, al menos, la idea de Davis. Pero, como sabemos la historia de los neutrinos no estaba definitivamente escrita. Hubo que esperar hasta mediados de los setenta para «descubrir» que tenían tres «sabores» (electrónico, muónico y tauónico) e incluso empezamos hoy a dudar, a finales de los noventa, sobre su carencia de masa. Evidentemente, cuando los científicos hablan de «neutrinos» creen en algo cuya historia trasciende su propio relato; piensan que cualquier otra civilización, independientemente de su religión o su idiosincrasia, la reconocería igualmente. Es lo que los científicos quieren decir cuando emplean términos como objetividad o verdad. Sin embargo, no se dan cuenta argumentan Callon, Latour y otros —que ellos cuando conceden existencia objetiva a esos objetos, a esas naturalezas, —a esos *faitiches* dice Latour²⁹—, no hacen nada que sea extraño a las prácticas culturales de aquellos pueblos que fabrican estatuas, fetiches y, una vez creados, les atribuyen existencia autónoma y eficacia causal. La ciencia, como cualquier otra práctica cultural, sería, en definitiva, un campo fructífero no tanto para la epistemología como para la antropología comparada³⁰.

Lo decíamos: la incorporación postmoderna de materiales históricos y sociológicos se consigue a costa de reducir las ciencias a la condición de formaciones socioculturales. No es extraño, pues, que, por ejemplo, una teórica del feminismo como D. Haraway, haya hablado de que lo que llamamos naturaleza surge de las prácticas socioculturales de Occidente, al igual que otras figuras como el Coyote o Correcaminos³¹.

Como podemos apreciar, los críticos postmodernos han transitado de la idea de construcción social del conocimiento científico a la idea de que los saberes positivos son construcciones cuya estructura se moldea *con independencia de la «realidad»* y, por tanto, ajenos a *cualquier fundamento objetivo*. De aquí a la tesis de que todo vale o que todo es una ficción hay un pequeño paso que algunos no han dudado en dar:

«El programa fuerte de la sociología del conocimiento se une —dice Haraway— con las hermosas y obscenas herramientas de la semiología y de la deconstrucción para insistir en la naturaleza retórica de la verdad, incluida la verdad científica. La Historia es un cuento con el que los mentirosos de la cultura occidental engañan a los demás; la ciencia es un texto discutible y un campo de poder; la forma es el contenido. Punto final. La forma en la ciencia es retórica social creadora de artefactos que configuran el mundo en objetos efectivos. Es una práctica de persuasiones que cambian el mundo y que se disfrazan de maravillosos nuevos objetos, tales como microbios, los quarks y los genes»³².

Pero, ¿cómo podemos defender nosotros el constructivismo y, al mismo tiempo, sostener el papel causal de la realidad? En principio, lo que parece claro es que hay que rechazar la retórica de la crucialidad. Y es que si con Popper, y frente al positivismo, podemos sostener que la naturaleza, la realidad, nunca dice rotundamente «sí» a nuestras propuestas teóricas, hay que resaltar igualmente que raramente nos proporciona un «no» taxativo. El papel de la evidencia empírica ha de ser,

29 Vid. LATOUR, B., *Petite réflexion sur le culte moderne des dieux faitiches*. Paris: Les Empêcheurs de penser en rond, 1996.

30 Cfr. LATOUR, B., «Un giro después del giro social». Post scriptum de 1992 a *Ciencia en acción*, p. 258.

31 HARAWAY, D., *Ciencia, cyborgs y mujeres*. Madrid: Cátedra, 1995, p. 65.

32 *Ibid.*, p. 317.

por tanto, limitado. Ahora bien, esto no significa que la observación y la experimentación no jueguen papel alguno. Relativizar su ese papel no significa, por ejemplo, que los científicos puedan ver lo que les plazca; sea lo que sea lo que vean y configure esa visión, los científicos, incluso en los procesos revolucionarios, están mirando «lo mismo»³³. Aceptar incluso la inconmensurabilidad empírica, implica que *no hay forma de dirimir los conflictos teóricos más allá de la coherencia de las representaciones entre sí*, pero, en modo alguno significa convertir cualquier controversia científica en una disputa política o literaria. No es preciso invitar, como hace Sokal³⁴, a transgredir las leyes de la física newtoniana, desde las ventanas de su apartamento, a quien cree que son simples convenciones sociales, para comprender que la realidad no se agota en nuestro comercio lingüístico o teórico. Reparemos en algo importante: la ciencia no se ocupa de la realidad en general, sino de objetos, unos objetos que surgen de un «recorte» que opera en la realidad un punto de vista, una teoría, un paradigma. Para realizar ese recorte los científicos usan términos, predicados, como «masa», «electrón», «neutrino», etc., que se caracterizan por estar conectados *directamente* a la realidad a través de *operaciones, de tecnologías*: balanzas, cámaras de niebla o detectores de tetracloroetileno. Es verdad que esas operaciones son teóricodependientes, pero no son lingüísticas. Si podemos clonar una oveja, si podemos recibir las señales neutrónicas de una supernova en distintos detectores del planeta³⁵, es porque de algún modo hemos conectado con la realidad directamente; y es, precisamente, esa conexión lo que garantiza la *objetividad* de las ciencias empíricas. Definitivamente, a pesar de los influyentes trabajos de Rorty³⁶, Einstein no es un Rappel cualquiera.

Propongo contra Rorty, precisamente, que distingamos entre las lógicas de la verdad y la objetividad como único medio de compatibilizar el constructivismo con el reconocimiento del papel causal que tiene la realidad. Existe, desde nuestro punto de vista, una asimetría clara entre las lógicas de la verdad y la objetividad que, de no ser tenida en cuenta, oscurece la mayoría de los debates epistemológicos. La asimetría puede ser expuesta brevemente así: la cuestión de la objetividad de nuestras creencias se resuelve, sin duda, desde el punto de vista de la causalidad que ejerce la realidad sobre nuestros constructos teóricos, pero la verdad no puede ser decidida jamás fuera del plano del discurso, del consenso, de la coherencia de nuestras representaciones entre sí. Desde este punto de vista, la *capacidad predictiva, junto a la capacidad tecnológica, de una teoría* es el elemento determinante para juzgar la objetividad de esa teoría. Además, la asimetría que comentamos nos daría razones para explicar por qué teorías que no consideramos verdaderas (la mecánica newtoniana, por ejemplo) siguen empleándose, con acierto, como recurso predictivo o enseñándose a los estudiantes de enseñanza media. Del mismo modo, pero en sentido inverso, explicaría por qué teorías con poca capacidad predictiva (la relatividad general o la teoría de la evolución estelar) son aceptadas como verdaderas.

Volviendo a la definición del espacio gnoseológico que antes hacíamos, podemos decir que la objetividad de nuestras creencias se decide entre los ejes *A-B* y *A-C*, mientras que es en el eje *B-C* (en el eje de la sociedad, en el eje subjetual) donde se decide la verdad. En resumen, la lógica de la verdad responde al patrón de la coherencia entre nuestras representaciones y la lógica de la objetividad responde a la lógica de la justificación, de la fundamentación, de las causas. Reparemos en que es la capacidad predictiva o tecnológica de la tecnociencia la que la separa definitivamente de los simples relatos literarios o religiosos.

33 Cfr. KUHN, Th. S., *The structure of scientific revolutions*, p. 150.

34 Vid. SOKAL, A.D., «A Physicist Experiments With Cultural Studies», en: *Lingua Franca*, 4 (1996), p. 62.

35 Es lo que ocurrió con la Supernova 1987A el 24 de febrero de 1987 a partir de las 5 de la mañana.

36 RORTY, R., *¿Esperanza o conocimiento? Una introducción al pragmatismo*, Buenos Aires: FCE, 1997, capítulo 1.

En cualquiera de las fórmulas postmodernas, incluido el constructivismo social, la naturaleza, la realidad (el eje material de nuestro espacio gnoseológico) deja de tener un papel causal, porque no se han percatado de la distinción que comentamos. Tratan la objetividad y la verdad desde una misma lógica, la del discurso, la del consenso, la de la negociación, y olvidan la capacidad predictiva y tecnológica de los discursos científicos. Y aquí ciertamente, no cabe ningún principio de simetría que valga: aquellas concepciones que no tienen fundamento objetivo, podemos considerarlas verdaderas, pero simplemente *no funcionan*. Dolly no es, ciertamente, un producto de la conversación entre biólogos.

Son la capacidad de resolución de problemas, la potencia predictiva y la capacidad tecnológica, las que cierran definitivamente la puerta al escepticismo e irracionalismo del «todo vale» o «todo vale igual». Los relatos científicos, por más que le pese a Donna Haraway³⁷ no son simples recursos retóricos, ningún cuento con el que los mentirosos de la cultura occidental engañan a los demás. El discurso deslegitimador postmoderno, como la misma Haraway reconoce³⁸, legaliza el caos, donde todo se mezcla y se confunde; es, como dice Daniel Bell, *una «olla podrida»*³⁹. Incompatible, en definitiva, con algo que creemos una conquista de la denostada cultura occidental: la racionalidad crítica.

La tecnociencia puede ser vista con Latour o Callon, como una red o sistema sociocognitivo dinámico en la que distintos «actores» humanos (investigadores, instituciones...) y no humanos (técnicas, objetos, documentos...) establecen cooperaciones o pugnas en cuatro ámbitos (la facticidad, el prestigio profesional, la financiación y la legitimidad) con el fin de obtener «crédito» (no sólo financiero) para sus investigaciones. Pero no hay que olvidar que la lucha por la facticidad (objetividad) resulta un elemento *determinante* a la hora de convertir ese sistema dinámico en expansivo o depresivo. Por decirlo en el lenguaje de la psicología: nosotros podemos hacer mediante asociación de estímulos que un perro aprenda a salivar con el simple sonido de una campanilla, pero esa respuesta se extingue rápidamente si no es reforzada periódicamente con la ingestión real de comida. La facticidad, la *objetividad* de nuestros constructos teóricos, actuaría, en definitiva, como un *necesario* reforzador o inhibidor de nuestras respuestas teóricas.

(Otoño de 1999)

37 HARAWAY, D., *Ciencia, cyborgs y mujeres*, Madrid: Cátedra, 1995, p. 317.

38 Ibid. p. 254.

39 BELL, D., «El fin del modernismo», en: *Claves de razón práctica*, 78 (1997), p. 11.