

Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I

Palacio de Minería del 19 al 23 de Junio de 2006

Es el momento de dar otro paso: De una filosofía del experimento hacia una filosofía de las prácticas científicas

M^a ÁNGELES QUESADA BLÁZQUEZ

MESA 3



En este texto defenderé la pertinencia de dar un paso más en los estudios de ciencia y tecnología, un paso hacia una filosofía de las prácticas científicas. Dentro de este marco: 1) Comentaré algunos de los importantes giros que se han producido en la filosofía de la ciencia (historicista, experimental...) hasta llegar a las últimas tendencias en los estudios de la ciencia de los últimos años (Galison, Pickering,...), 2) Sugeriré un paso más hacia una filosofía de las prácticas científicas a través de un caso paradigmático de la ciencia del siglo XXI, las nanotecnologías y los macroproyectos *Converging Technologies*¹, 3) Explicaré la pertinencia de una filosofía de las prácticas científicas ampliada en la que se distinguen diversas cuestiones que interaccionan dando lugar a lo que conocemos como ciencia.

La filosofía de la ciencia ha experimentado varios cambios de perspectiva en su enfoque entre los que encontramos el giro historicista o relativista, el experimental y, en los últimos años, se habla de una nueva tendencia, el giro praxiológico. Para situarnos en el punto actual y defender la propuesta de una filosofía de las prácticas científicas, conviene hacer una revisión de algunos de estos cambios y del estado del arte de la disciplina conocida más ampliamente como los estudios de ciencia².

En la filosofía de la ciencia tradicional, esto es, la heredera del Círculo de Viena, la ciencia se basaba en teorías como conjuntos de enunciados. Los enunciados eran teóricos y observacionales. Los fenómenos son considerados accesibles a través de los sentidos, de modo que la observación empírica llevaba de forma objetiva a enunciados observacionales verdaderos. En sus diversas formas, en esta concepción clásica de la ciencia, el experimento era el medio de verificar, confirmar, contrastar o falsar hipótesis científicas.

Uno de los pasos más importantes hacia otro enfoque vendría con la famosa obra de Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, de 1962. Según la concepción kuhniana, la ciencia se desarrolla en periodos normales y revolucionarios. La mayor parte del tiempo los científicos practican ciencia normal dentro de un paradigma que incluye creencias compartidas, conocimiento tácito, técnicas experimentales... Por diversas razones, los paradigmas en el tiempo se abandonan y se entra en periodos de crisis que, finalmente, terminan con la adopción de un paradigma diferente. Kuhn habló de inconmensurabilidad entre los diferentes paradigmas; aunque con varios y ricos significados, la inconmensurabilidad puede entenderse como formas diferentes de ver el mundo que tienen los miembros de una comunidad respecto a otra. De alguna manera, podemos decir que T. S. Kuhn comenzó a hablar de una variedad de elementos que conformaban la práctica científica: los experimentos, los instrumentos, las reglas, los métodos, las habilidades y las creencias de los científicos cobran protagonismo. También cuestionó el papel crucial del experimento a la hora de decidir entre teorías o paradigmas rivales. De esta manera, comenzó a problematizarse la práctica científica

¹ Los programas *Converging Technologies* se refieren al impacto de la convergencia tecnológica de cuatro grandes ciencias y tecnologías: nanotecnología, biotecnología, tecnologías de la información y tecnologías de la cognición. Actualmente, investigamos sobre estos programas, aunque queda fuera de este texto su análisis. Sin embargo, su comprensión para el estudio de caso de las nanotecnologías es indispensable. Dos principales textos al respecto son: NORDMANN, A., *Converging Technologies - Shaping the future of European Societies*, European Communities, 2004 y ROCO, M.C. Y BAINBRIDGE, W.S. (ed.) *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington, VA, USA: National Science Foundation, 2002.

² El estudio de los diferentes giros o cambios que han llevado a la filosofía de la ciencia a su reorientación hacia la práctica es una investigación que está en curso. Por tanto, en este texto, no se incluyen todas las teorías que pueden aportar algo a esta historia.

y con ella los experimentos así como los instrumentos usados en ellos. Este giro se conoce en la filosofía de la ciencia como el giro historicista o relativista por el reconocimiento de la historia en el análisis de la dinámica del cambio científico y la afirmación de que el conocimiento científico es relativo al contexto, en este caso, al paradigma en el que se produzca. No obstante, este cambio de perspectiva continuó manteniendo el interés en el conocimiento y, concretamente, en el conocimiento conceptual o teórico. De esta forma, muchos coinciden en que, incluso estos primeros giros relativistas de la filosofía de la ciencia, mantienen, como las ideas clásicas, una fuerte tendencia teórica³.

Tras las primeras inmersiones de la Sociología en la Ciencia y su consideración de instituciones, intereses y otros factores sociales al estilo de Merton⁴, la nueva Sociología del Conocimiento Científico (SCC o SSK en inglés) surgió en torno a los años 70. La SCC torna la vista hacia lugares o episodios concretos donde se desarrolla la ciencia para observar la construcción social del conocimiento científico. Aunque las corrientes que se incluyen dentro de este movimiento son heterogéneas y, en algunos casos, demasiadas, se insiste básicamente en las siguientes: en Edimburgo, el Programa fuerte de D. Bloor y B. Barnes⁵; en Bath el EPOR de H. Collins y T. Pinch⁶; en los años 80, Latour y Woolgar y Knorr Cetina en los estudios de laboratorio⁷; y los estudios de género, por ejemplo, de H. Longino⁸.

Estos cuatro grupos, aunque con características diferentes, muestran una orientación común en la ciencia como proceso social. El famoso Programa Fuerte de Bloor y Barnes establece cuatro principios desde los que abordar la ciencia: causalidad, imparcialidad, simetría y reflexividad. Puede decirse que es el planteamiento más conservador, ya que todavía muestra cierta cercanía con planteamientos anteriores (Kuhn, Merton). No obstante, a pesar de la importancia de estos primeros planteamientos, las aportaciones del programa fuerte no parecen mostrar todavía un interés claro en el aspecto material de la ciencia.

Aunque Collins y Pinch, representantes del Programa Empírico del Relativismo (EPOR), tomaron el testigo de las nuevas tesis introducidas por la SCC, ya se distancian bastante de sus planteamientos. No olvidemos que los principales libros del EPOR están escritos ya en los 80, donde se pueden apreciar los primeros movimientos hacia un nuevo paso: el énfasis en el experimento. Es en 1983 cuando Hacking declaró "la experimentación tiene una vida propia"⁹. De esta forma, también los estudios de laboratorio de Latour y Woolgar o de Knorr Cetina y otros logran dar

³ FERREIROS, J., ORDÓÑEZ, J., "Presentación: Hacia una filosofía de la experimentación", *Theoría*, segunda época, Vol. 17/2, 2002, p. ; PICKERING, A., *Science as Practice and Culture* University of Chicago, Chicago, 1992; HACKING, I., *Representing and Intervening*, Cambridge, Cambridge University Press, 1983.

⁴ Véase por ejemplo MERTON, R., *La sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1977 y MERTON, R., *Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Inglaterra del siglo XVII* Madrid, Alianza, 1984.

⁵ Véase por ejemplo BLOOR, D., *Knowledge and Social Imagery*, London: Routledge and Degan Paul, 1976, y BARNES, B., *Scientific Knowledge and Sociological Theory*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1974

⁶ COLLINS, H. M., *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, Chicago: University of Chicago Press, 1985 o COLLINS, H.M. Y PINCH, T., *Frames of Meaning: The Social Construction of Extraordinary Science*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1982.

⁷ Las obras más significativas son LATOUR, B., *Ciencia en acción. Como seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*, Barcelona, Labor, 1992 y LATOUR, B. Y WOOLGAR, S., *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*, Madrid, Alianza, 1985. Y KNORR-CETINA, K. D., *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Oxford, Pergamon, 1981.

⁸ Por ejemplo, LONGINO, H., *Science as Social Knowledge Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, Princeton, Princeton University Press, 1990.

⁹ HACKING, I., *Op. Cit.*, p. 178

impulso a este nuevo giro. Los elementos materiales de la ciencia como los experimentos, los instrumentos y todas las máquinas y utensilios usados en los laboratorios adquieren protagonismo y logran mostrar una imagen de la ciencia muy diferente. Incluso aquellos autores contrarios a esta tendencia del relativismo, como por ejemplo, Franklin, se centran en el poder de los experimentos para argumentar su imagen de la ciencia titulado a un libro *The Neglect of Experiment* en 1986. Un clásico de estas reconstrucciones experimentales es el *Leviathan and the Air Pump* de Shapin y Schaffer que cuenta la historia de la bomba de aire de Boyle y el triunfo de la filosofía experimental reflejando los intereses sociales de los grupos implicados en la disputa. A finales de los 80, el giro hacia la experimentación era casi un hecho y los estudios centrados en episodios experimentales concretos proliferaban. Entonces, se reconocía que “el experimento es una actividad respetada pero negada”¹⁰.

Cabe decir que algunos autores ven este giro experimental lejos de las contribuciones de la SCC y más cercano a autores como Hacking, Galison, Pickering, etc. Sin embargo, como veremos, algunos de los estudios de la sociología del conocimiento científico contribuyeron mucho al interés en los aspectos materiales.

En concreto, el *Empirical Program of Relativism*, EPOR, ha estudiado la práctica científica en periodos de disputas. La controversia nos sitúa automáticamente en la incertidumbre, en la inocencia y en el relativismo. En cuanto a la práctica experimental, el EPOR centra la atención en dos cuestiones: la flexibilidad interpretativa de los experimentos y la replicabilidad. La flexibilidad interpretativa de los experimentos remite, en la filosofía de la ciencia teórica, a tesis como la infradeterminación empírica (Duhem-Quine) o la carga teórica del experimento (Hanson). En cambio, la replicabilidad se centra en el experimento en sí mismo. La arriesgada tesis defendida por H.M. Collins plantea el regreso al infinito de interpretaciones en el que el experimentador se encuentra. Esto es, el experimento puede significar un resultado positivo para algunos y negativo para otros; incluso quienes lo ven positivo aducirán razones diversas y los fallos se deberán a distintos motivos. Al mismo tiempo, la inexperiencia de los científicos y fabricantes provoca situaciones inciertas, por ejemplo, al decidir cuándo un experimentador es competente o suficientemente competente, o cuándo hay que aceptar un resultado experimental que, tras varias estrategias, sigue en contradicción con nuestra teoría o cuándo un instrumento usado en manipulación es un “buen instrumento”. El círculo se romperá restringiendo la interpretación mediante un acuerdo sobre la mesa de negociaciones en la que valen todo tipo de estrategias. Collins mantiene quizá una de las posturas más radicales en cuanto al constructivismo social que, posteriormente, en otros planteamientos de los estudios de la ciencia quedarán algo más matizadas (Pickering, Galison, etc.). El SCOT (Social Constructivism of Technology)¹¹ aplicó la mayoría de las tesis del EPOR a los artefactos y desarrollos tecnológicos contribuyendo a centrar el interés en las tecnologías.

¹⁰ GOODING, D., PINCH, T.J., SCHAFFER, S. (eds.), *The uses of experiment*, Cambridge, University Press, 1989.

¹¹ BIJKER, W.E., T. P. HUGHES Y PINCH (eds.) *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, MA: MIT Press, 1987. También BIJKER, W. E. Y J. LAW (eds.) *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change*. Cambridge, MA: MIT Press, 1992,

Otra de las interesantes corrientes que aportaron mucho a los estudios de la ciencia y que es la continuación de los estudios de laboratorio es la teoría de la red de actores. Fundamentalmente, se adhieren a esta corriente o han trabajado bajo sus principios autores como Latour, Callon, Law, Woolgar¹² o Lynch¹³ pero su influencia se ha extendido por un amplio número de estudiosos de la ciencia. La intención principal de la teoría de la red de actores es tratar a la naturaleza y la sociedad en plena y auténtica simetría, lo que comporta el replanteamiento de todas las nociones hasta ahora basadas en tal dicotomía. De esta forma, la investigación se centra en la distribución de la agencia, en los papeles que actores humanos y no-humanos juegan en la ciencia y la tecnología. Para esto, esta escuela ha creado un vocabulario que pretende borrar la dicotomía entre el mundo social centrado en los humanos y el mundo natural centrado en los objetos. Esta teoría de la red de actores ha impulsado, con su aplicación de la simetría entre humanos y no humanos, el énfasis puesto en las cosas, los artefactos, los instrumentos, y en definitiva, los experimentos desarrollados en los laboratorios. Sin embargo, en cierta manera la importancia de la materialidad queda desplazada por otras cuestiones referentes al replanteamiento del lenguaje utilizado. Quizá es totalmente pertinente este replanteamiento, sin embargo, para nuestra historia nos interesa más destacar cómo estos estudios relataron detalladamente episodios experimentales.

Hasta aquí, los estudios iniciados por la SCC estaban demostrando un interés mayor en estos aspectos técnicos o materiales de la ciencia. Como ya hemos comentado, I. Hacking, en su libro *Representar e Intervenir*, es uno de los primeros en dejar claro que “la experimentación tiene una vida propia” y reivindica la importancia de los experimentos así como de la teoría, esto es, tanto de la intervención como de la representación en los estudios de la ciencia. Así, muchos otros nombres como H. Garfinkel, H.M. Collins, Buchwald, M. Lynch, B. Latour, S. Woolgar, D. Gooding, K. Knorr Cetina, J. Fujimura´s, P. Galison, A. Franklin, I. Hacking, A. Pickering y otros escriben, desde diferentes perspectivas, la historia de la experimentación e instrumentación a través de casos de la física, la biología, etc. A principios de los 90, estos estudios comienzan a hablar de práctica científica y a tratar esta empresa con todas sus letras: experimentos, teoría, instrumentos, marco social, intereses del grupo... Es también Hacking uno de los primeros en señalar la multiplicidad y heterogeneidad de elementos que configuran la práctica científica; habla de piezas materiales, sociales, conceptuales y establece una taxonomía de elementos de las ciencias de laboratorio¹⁴. En este punto, reconoceremos con Pickering que estas nuevas aproximaciones al estudio de la ciencia sí quedan bastante lejos con respecto a la pionera SCC, ya que aquel lugar privilegiado que ocupaba lo social, los intereses, lo ocupa ahora la multitud de elementos de la práctica¹⁵. A este nuevo interés, nuevo giro o nuevo paso en los estudios de la ciencia lo denominaré, como algunos autores (Echeverría, Martínez), “giro praxiológico”. Este último paso desplaza el interés directamente a las prácticas científicas como elementos propios de la ciencia.

A este respecto, los autores que han impulsado el paso hacia la consideración de la ciencia como conjunto de prácticas son muchos, destacaré especialmente las aportaciones del historiador P. Galison y el filósofo A. Pickering. En mi opinión, estos estudios agarran la complejidad del estudio de las prácticas.

¹² Woolgar posteriormente se ha dedicado al estudio de la reflexividad.

¹³ Lynch trabajó bajo algunos de los principios de la teoría del actor-red aunque se ha decantado por el análisis del discurso

¹⁴ HACKING, I., “The self-vindication of the laboratory sciences”, en Pickering, *Op. Cit.*

¹⁵ PICKERING, *Op. Cit.*

Peter Galison ha desarrollado una forma propia en la que se puede entender la ciencia y su historia. En una mirada hacia las prácticas de los científicos de forma local reside la clave para entender y explicar de forma fructífera los episodios históricos. El giro hacia la experimentación es clave en su libro *How experiments end* de 1987, en el que el foco se sitúa la práctica de laboratorio. El objetivo principal del libro es mostrar cómo se cierra un experimento, atender a los argumentos, las evidencias, las destrezas y las herramientas desplegadas en el laboratorio que concluyen el resultado de un experimento. En cierto sentido, el libro parece intentar demostrar la verdad de la frase de Hacking de 1883: hay una historia de la experimentación que no está contada y que no tiene que ver con la historia de la teoría¹⁶. No obstante, la propuesta de Galison va más allá de la experimentación; atendiendo a ésta, a su vez repara en la carencia de una historia instrumental, para después redondear su tesis abarcando también la teoría. Así, para Galison, la cultura de la física como cualquier otra área científica estaría compuesta por diferentes subculturas, que exhibirían autonomía e independencia pero que establecerían interconexiones entre ellas. Básicamente, distingue la subcultura de los teóricos, la subcultura de los experimentalistas, y la subcultura de los instrumentalistas, aunque declara que puede haber multitud de ellas. Las subculturas manifiestan modos de trabajar diversos, diferentes formas de demostración, distintos compromisos ontológicos; tienen también sus propias revistas, conferencias, ayuda de los colegas dentro de la disciplina. Pero la ciencia se desarrolla a través de la interconexión o intercambio que se produce entre las diferentes subculturas. Para esto, Galison postuló el concepto de la *trading-zone*: lugar, tanto simbólico como espacial, donde se produce el intercambio, esto es, la coordinación, el entendimiento, la colaboración entre las distintas formas de proceder de las subculturas. Cada subcultura toma de las otras lo que le interesa y lo incorpora a sus procedimientos. Esta es para Galison la dinámica de la práctica científica, una dinámica que incluye elementos diversos y diferentes tradiciones o subculturas que interactúan.

Al igual que Peter Galison, Andrew Pickering parece implicar en sus trabajos una noción más amplia de ciencia. Ya habla explícitamente, en *The Mangle of Practice* de 1995, de análisis de la práctica científica para definir su teoría y trata, como Galison, de resolver problemas clásicos de los anteriores estudios de ciencia. Asimismo, se muestra consciente de la nueva orientación de los estudios de la ciencia y advierte la confusión del término "práctica" que está generándose, dando su particular respuesta¹⁷. Principalmente, su teoría se basa en lo que él llama *the mangle of practice*, que describe como una dialéctica de resistencia y adaptación (*accommodation*). Para explicar claramente a qué se refiere Pickering, hay que entender los factores-actores que tienen un papel en esta dialéctica. Para empezar, él coincide con la teoría de la red de actores en que la agencia es tanto humana como material. Esto es, que los seres humanos son actores en la ciencia tanto como el mundo material y social. No obstante, la intencionalidad sigue perteneciendo al mundo humano; sin embargo, esta salvedad no impide la relación entre los materiales y los humanos en la dinámica de la práctica. En concreto, el autor argumenta la relación sobre la existencia de paralelismos entre la agencia humana y material, como la emergencia temporal en la práctica, y sobre un constitutivo entrelazamiento de la agencia humana y la material¹⁸. Otra de las características fundamentales de la propuesta de Pickering es el énfasis en el carácter performativo de su análisis de la práctica científica. El análisis recae sobre capacidades, haceres,

¹⁶ GALISON, P., *How experiments end*, Chicago, University of Chicago Press, 1987, p. 12

¹⁷ PICKERING, A., *The Mangle of Practice: Time, Agency, and Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1995, pg 4

¹⁸ "Disciplined human agency and captured material agency are, as I say, constitutively intertwined; they are interactively stabilized" en PICKERING, A., *Op. Cit.*, p. 17

realizaciones, poderes, etc., *the doings*, que, por supuesto, se dan en el curso del tiempo. Por tanto, dado que tenemos agentes humanos y materiales interconectados y, que nos fijamos en sus realizaciones en el tiempo, ahora sí podemos explicar *the mangle of practice*. En la práctica científica, los actores humanos cuentan con un plan diseñado, por ejemplo, para construir un microscopio que visualice el átomo. Una vez construida la máquina, los científicos la prueban, intentando captar algo del mundo material, por ejemplo, una superficie de nivel subatómico. Puede surgir un fallo: por ejemplo, la pantalla borrosa; a este fallo para captar el mundo, Pickering lo denominaría resistencia. El siguiente paso para los científicos consistiría en adaptarse a ese fallo (*accommodation*), modificando la máquina o variando de objetivo e incluso replanteándose las relaciones sociales que rodean el acto. Cuando el microscopio da un resultado, Pickering diría que el momento activo ha pasado al mundo material. Así de uno a otro, ambos se van ajustando, moldeando, crean mutuamente ciencia o, si se prefiere, conocimiento científico. Y todo este proceso se produce en el momento, se va generando, no sabemos el resultado hasta que no se da este juego o *dance* de agencias de la dinámica científica.

En mi opinión, tanto Pickering como Galison apuestan por este último paso hacia la práctica en sí misma en los estudios de la ciencia. No obstante, sus aportaciones son diferentes. Por un lado, Pickering describe de modo más acertado el juego de interconexiones que se produce de forma temporal en la práctica científica. Y lo hace, destacando el papel de la agencia científica. Por otro lado, creo fundamental distinguir las subculturas galisionianas, o como propondré, una serie de elementos o prácticas presentes en el juego científico que gozan de autonomía en sus reglas, conductas, lenguaje, etc. Ambas teorías dan en el clavo, esclarecen algunos puntos de las prácticas científicas y resuelven muchos de los problemas clásicos en los estudios de la ciencia.

Apostando también por este giro praxiológico, hacia una filosofía de la práctica científica encontramos a S. Martínez, J. Echeverría, J.A. López Cerezo, y otros. Javier Echeverría se ocupa de la práctica científica, que denomina praxiología, desarrollando una teoría axiológica de la acción científica. Las acciones científicas estarían guiadas por valores de diferentes tipos (básicos, epistémicos, técnicos, económicos, militares, políticos, sociales, jurídicos, ecológicos, religiosos, estéticos, éticos,...). Esta teoría de la acción reconocería el orden temporal de las acciones, elemento destacado también por Pickering. Las acciones son evaluadas y sus resultados analizados a través de la axiología empírica y formal. En este contexto, la práctica científica sería un sistema de acciones en el que se distinguen actividades (de educación, de investigación, de aplicación y de evaluación), cursos de acción, secuencias de acciones, y acciones, el elemento básico. Así, apunta "Podemos representarnos la práctica científica como un complejo de acciones engarzadas entre sí, que se siguen las unas de las otras en virtud de los continuos procesos de evaluación de cada acción y de sus resultados"¹⁹. Todo este análisis también es aplicado a la práctica tecnocientífica y, de esta forma, se puede hablar de una teoría de la acción tecnocientífica²⁰. Como veremos más adelante, la pertinencia de ampliar el estudio de la práctica científica a la tecnociencia hará posible la comprensión de las actividades desarrolladas en el siglo XXI, en este caso de las nanotecnologías y los proyectos *Converging Technologies*.

¹⁹ ECHEVERRÍA, J., "Hacia una filosofía de las prácticas científicas: de las teorías a las agendas científicas", 2005, (artículo cedido por autor).

²⁰ ECHEVERRÍA, J., *La revolución tecnocientífica*, Madrid, FCE, 2003., desarrolla una caracterización muy interesante de tecnociencia.

A pesar de que este giro hacia el estudio de la práctica científica es evidente en estas últimas aportaciones, considero que queda mucho por hacer para establecer una filosofía de la práctica científica y explicar satisfactoriamente su dinámica. También conviene reivindicar este nuevo giro, como se hizo alguna vez por el experimento, porque hay que establecer su pertinencia de forma clara y de una vez. Por ello, propondremos una filosofía de las prácticas científicas. Hablaremos de prácticas científicas, en plural, porque, de acuerdo con muchos de los autores comentados, en la ciencia existen elementos heterogéneos y múltiples; existen prácticas. En última instancia, afirmamos un giro praxiológico de manera explícita que ponga de relieve esta multiplicidad y variedad. Por todo esto, proponemos una filosofía de las prácticas científicas como un nuevo paso en la manera de entender la ciencia y de desarrollar los estudios de la ciencia.

La filosofía que proponemos incluye cuestiones teóricas, experimentales, instrumentales, de agencia, de procesamiento y publicidad, sobre nociones o valores, contextuales, de gestión de la ciencia, de participación pública,... Nuestra propuesta es una filosofía de las prácticas científicas que explica estas cuestiones y sus interacciones. Los grupos de cuestiones o prácticas tienen cierta autonomía. En realidad, las prácticas parecen ser mundos independientes que tienen vocabulario propio, modos de relación, técnicas precisas, agentes especializados, lugares físicos de desarrollo, e incluso pueden tener financiación sólo destinada a esta actividad. La autonomía de las cuestiones o prácticas es cierta, pero el verdadero desarrollo de la actividad científica exige la colaboración de todas las prácticas. Las diferentes cuestiones confluyen y convergen entre sí, configurando la manera específica de proceder en cada ciencia, tecnología, tecnociencia...

Cuando esta filosofía de las prácticas se aplica a casos de la ciencia del siglo XXI, en este caso a las nanotecnologías y los programas *Converging Technologies*, deviene en una filosofía de las prácticas tecnocientíficas. La práctica de la ciencia en red a través de la tecnología de la información, la relación con el mundo militar, la pluralidad de agentes, las repercusiones en la sociedad y la participación ciudadana, la relación de la ciencia con el mundo económico y de mercado, la financiación privada, etc., son algunas de las características de tecnociencia que se aprecian claramente en el fenómeno nanotecnológico.

Para terminar, comentaré, a modo de ejemplo y sin entrar en aspectos técnicos, cómo se produce la interacción entre prácticas²¹. Como hemos dicho, cada una de las cuestiones o prácticas tienen sus propias reglas, lenguaje, etc. Así, por ejemplo, las prácticas teóricas ponen en juego problemas cuánticos de incertidumbres, incluyen fórmulas lógicas y matemáticas para explicar las capacidades y limitaciones de la materia a nivel subatómico, etc. Por otro lado, las prácticas experimentales diseñan el experimento, prevén resultados, determinan umbrales de respuesta, consideran los problemas de replicación. Las prácticas instrumentales se ocupan del diseño de aparatos y de sus ajustes y calibraciones. Sin embargo, en la dinámica real, las incertidumbres del estudio teórico a nivel cuántico se reflejan en la imprecisión del instrumental. Los microscopios que visualizan y manipulan el nanomundo se ven afectados por estas imprecisiones. Los instrumentalistas no logran calibrar bien los aparatos y, de esta forma, no consiguen establecer mediciones precisas. Por tanto, no pueden establecer estándares que posibiliten la normalización de resultados entre todos los laboratorios. Este es un ejemplo clásico entre problemas teóricos, instrumentales, y también de nociones

²¹ Los modos de relación entre las cuestiones en el caso de las nanotecnologías y los proyectos *Converging Technologies* están argumentados y explicados en otros textos no publicados de mi investigación.

como la de normalización. Pero veamos brevemente otro más relacionado con la tecnociencia en la que nos encontramos. Las representaciones, por ejemplo, las micrografías, se obtienen con un microscopio y son procesadas con un ordenador para hacerlas útiles. Los datos del microscopio permiten, hasta cierto punto, un procesamiento libre. Ha de elegirse la mejor forma de "representar" el resultado obtenido, por ejemplo, de la superficie de un material. En ocasiones, se comprueba que las micrografías están diseñadas en función de expectativas teóricas del campo, por ejemplo, mostrando los átomos como esferas o cumbres. Este diseño también tiene que ver con la repercusión pública de estas tecnociencias: los científicos apuestan por este diseño porque conocen que la percepción tanto de sus colegas como del público en general del átomo-esfera ha sido la imagen tradicionalmente adjudicada al átomo y, por tanto, se reconoce como más familiar. Además, así continúan la línea de la utopía nanotecnológica de construir un mundo a partir de piezas (átomos esféricos) del nanomundo. En este caso, las cuestiones o prácticas representacionales convergen con cuestiones teóricas, de procesamiento y publicidad, del contexto tecnocientífico, y de participación ciudadana.

En definitiva, esta filosofía de las prácticas científicas o tecnocientíficas explica en su riqueza y variedad la dinámica de la ciencia, analizando cuestiones o prácticas y su interacción. Esta propuesta se muestra especialmente útil en el caso de estos sistemas tecnocientíficos, como son las nanotecnologías y los programas *Converging Technologies*, porque nos permite dar cuenta de las numerosas cuestiones en juego y de sus complejas interacciones.

Bibliografía

- BARNES, B., *Scientific Knowledge and Sociological Theory*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1974
- BLOOR, D., *Knowledge and Social Imagery*, London: Routledge and Degan Paul, 1976.
- BIJKER, W. E., T. P. HUGHES Y T. PINCH, (eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, MA:MIT Press, 1987.
- BUCHWALD, J.Z., *Scientific Practice*, Chicago, University of Chicago Press, 1995.
- COLLINS, H., *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, 2nd e., Chicago, University Chicago Press, 1992.
- COLLINS, H.M. Y PINCH, T., *Frames of Meaning: The Social Construction of Extraordinary Science*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1982.
- ECHEVERRÍA, J, *La revolución tecnocientífica*, Madrid, FCE, 2003.
- FRANKLIN, A., *The Neglect of Experiment*, Cambridge University Press, 1986.
- GALISON, P., *How experiments end*, Chicago, University of Chicago Press, 1987.
- GALISON, P., *Big Science: The Growth of Large-Scale Research*, California, Stanford University, 1992.
- GALISON, P., *Image and Logic. A Material Culture of Microphysics*, Chicago, The University of Chicago Press, 1997.
- GOODING, D., PINCH, T. & SCHAFFER, S., *The Uses of Experiment*, Cambridge University Press, 1989
- HACKING, I., *Representing and Intervening*, Cambridge, Cambridge University Press, 1983.
- KNORR-CETINA, K. D., *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*, Oxford, Pergamon, 1981.
- KNORR-CETINA, K. D. Y MULKAY, M.J. (eds.) (1982), *Science observed*, Beverly Hills, Sage.
- KUHN, T.S., *La estructura de las revoluciones científicas*, México, FCE, 1975.
- LATOUR, B., *Ciencia en acción*, Barcelona, Labor, 1992.
- LATOUR, B. Y WOOLGAR, S., *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Madrid, Alianza, 1995.
- LONGINO, H., *Science as Social Knowledge. Values and Objectivity in Scientific Inquiry*, Princeton, Princeton University Press, 1990
- NORDMANN, A., *Converging Technologies - Shaping the future of European Societies*, European Communities, 2004.
- LATOUR, B., *La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios sobre la ciencia*, Barcelona, Gedisa, 2001.
- MARTÍNEZ, S., *Geografía de las prácticas científicas*, Mexico, UNAM, 2003.
- MERTON, R., *La sociología de la ciencia*, Madrid, Alianza, 1977.
- MERTON, R., *Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Inglaterra del siglo XVII* Madrid, Alianza, 1984.
- PICKERING, A., *Science as Practice and Culture*, Chicago, University of Chicago, 1992.
- PICKERING, A., "The Mangle of Practice: Agency and Emergence in the Sociology of Science" en *American Journal of Sociology* 99, 1993, pp. 559-89.
- PICKERING, A., *The Mangle of Practice: Time, Agency, and Science*, Chicago, University of Chicago Press, 1995.
- POOLE, C.P. Y OWENS, F.J., *Introduction to Nanotechnology*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- ROCO, M.C. Y BAINBRIDGE, W.S. (ed.) *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Arlington, VA, USA: National Science Foundation, 2002.
- "Theoria experimentorum," *Theoría*, segunda época, Vol. 17/2, 2002.

M^a ÁNGELES QUESADA BLÁZQUEZ
Departamento CTS, IFS, CSIC
C/ Pinar, 25, 28006 Madrid
mariangelesquesada@yahoo.es