

## PRESENTACION: HACIA UNA FILOSOFIA DE LA EXPERIMENTACION

(*Presentation: Towards a philosophy of experiment*)

Han pasado ya veinte años desde que comenzaron a alzarse voces pidiendo una reflexión filosófica acerca de la experimentación y del experimento, tradicionalmente considerado como fundamento del método peculiar que explica el éxito de la ciencia y, a pesar de ello, casi siempre olvidado por los filósofos. Desde entonces, aunque se ha desarrollado un buen número de estudios acerca de la actividad experimental, sigue siendo una corriente intelectual muy minoritaria, con escasa repercusión en nuestra área lingüística. Por ello, en las últimas dos décadas han cambiado poco tanto la manera de impartir clases de filosofía de la ciencia como el aspecto y la temática de los manuales del gremio. Al ofrecer los trabajos de este volumen, nuestra intención es presentar algunos de los problemas de la relativamente nueva *Theoria experimentorum* [teoría de los experimentos] con el propósito de contribuir a una ampliación eficaz de las perspectivas desde las que se viene estudiando la ciencia. En definitiva, deseamos propiciar un cambio real en los problemas abordados y los puntos de vista tratados en la filosofía de la ciencia, al menos en el ámbito de habla hispana.

Tal vez convenga comenzar con algunas citas que indican bien a las claras el retraso de la perezosa lechuza de Minerva. El historiador de la física y discípulo de Kuhn, John Heilbron, hablaba en 1982 de su "descubrimiento" de que la historia de la teoría eléctrica en la Ilustración fue guiada, no por compromisos metafísicos, sino por el desarrollo de nuevos instrumentos, y prevenía contra

un sesgo muy difundido en la reciente historiografía de la ciencia: la tendencia a convertir la teoría general, o la cosmovisión, o los principios de fondo, en la fuerza motriz del crecimiento de las ideas científicas. Nuestro caso de estudio muestra que la metafísica de los paradigmas y los programas de investigación, que supuestamente guían a los científicos, rara vez se acerca lo bastante al trabajo experimental y la construcción de teorías como para ordenarlas de modos útiles (Heilbron 1982, p. ix)<sup>1</sup>.

Con ello estaba oponiéndose a la sólida tradición de énfasis en la teoría en la que aún se inscribió la figura del revolucionario Kuhn. El año de 1983

parece haber sido un punto de inflexión en esta línea de estudios; el historiador Derek de Solla Price hacía entonces una encendida defensa de la autonomía tanto de los desarrollos experimentales como de los tecnológicos:

La verdad simple es que, si uno desea hacer algo con algo, lo que usa es una técnica y no una idea. Un ejemplo trillado de esto es la aplicación de la teoría electromagnética de Maxwell en la invención de la radiotelegrafía y de todas las técnicas de emisión de radio y televisión. La teoría de Maxwell fue un concepto unificador impresionante, que explicó la naturaleza de la luz y sugirió que se podían producir eléctricamente ondas de radio similares. *El truco no estuvo en saber que se podía hacer, sino en encontrar maneras de generar y detectar tales ondas.* La historia inicial de la radio no es tanto un asunto de física, sino del control de técnicas experimentales como los saltos de chispa y los detectores, de dispositivos tales como los cohesionadores, del magnetismo de superficie, etc. Muy a menudo se sabía que los dispositivos detectores en particular funcionaban, pero la razón de ello no fue averiguada hasta mucho después. *Simplemente no hay manera de aplicar una teoría. El punto crucial es adquirir y operar con una nueva técnica o un nuevo efecto, aun si uno no tiene ni idea de por qué funciona. Eso puede venir después* (Price 1983).

A esto se podría añadir, parafraseando a Price, que la historia inicial de muchas ramas de, por ejemplo, la física no fue tanto un asunto de (teoría) física, sino del control de técnicas experimentales como las botellas de Leyden y los pararrayos, dispositivos como la pila, efectos de conversión entre "fuerzas" diversas, etc., etc.

1983 es también la fecha en que se publica un estudio filosófico pionero en este género de investigaciones, *Representar e intervenir*. Aquí, Ian Hacking hacía un llamamiento a los filósofos, instándolos a dar un giro a sus orientaciones:

La ciencia natural desde el siglo XVII ha sido la aventura del entrelazamiento de la representación y la intervención. Ya es tiempo de que la filosofía se ponga al día de lo ocurrido en los últimos tres siglos de su propio pasado (Hacking 1983, p. 174).

Pero no sólo historiadores y filósofos más o menos díscolos han impartido advertencias semejantes; también alguno de quienes a menudo son sus más encendidos adversarios, los filósofos de la ciencia interesados en problemas más tradicionales, lo han hecho. El más relevante empirista de las últimas décadas, Bas van Fraassen, escribía en 1980 una declaración notable:

La verdadera importancia de la teoría, para el científico en activo, reside en que es un factor del diseño experimental. Esto es el reverso de la imagen elaborada por la

filosofía de la ciencia tradicional. En esa imagen, todo se subordina al propósito de conocer la estructura del mundo. (...) Sea cual sea la validez de esa imagen (y ciertamente tiene algo de verdad), contrasta fuertemente con la actividad que Kuhn ha llamado 'ciencia normal', e incluso con mucho de lo que es revolucionario. Los científicos pretenden descubrir hechos acerca del mundo, acerca de las regularidades en la parte observable del mundo. Para ello se necesita experimentación, en lugar de razonamiento y reflexión. Pero esas regularidades son sumamente sutiles y complejas, de modo que el diseño experimental es sumamente difícil. De ahí la necesidad de construir teorías para guiar la investigación experimental (van Fraassen 1980, pp. 98-99).

Claro está, es una pena que la espléndida referencia inicial al diseño experimental quede reducida después, en la mejor tradición positivista, a un asunto de "regularidades en la parte observable del mundo". Con ello, lo que es claramente central y obviamente relevante -el experimento- queda remitido a una categoría más oscura y necesitada de elucidación, la de lo observable. Además, en los párrafos que siguen van Fraassen termina asignando un papel en buena medida reductivo a las teorías, como es coherente con otros aspectos de su pensamiento y de la tradición en que se inserta, por más que afirme que teorizar es el resultado de la excesiva complejidad de todo el entramado experimental.

\*

La necesidad y la dificultad de una filosofía de la experimentación pueden ilustrarse partiendo de un problema clásico planteado por Karl Popper hace ya 66 años: el llamado "problema de la base empírica". En la concepción popperiana de la ciencia, claramente centrada en lo teórico, el papel desempeñado por los conceptos y los principios teóricos de alto nivel resultaba obvio, pero se volvía problemático -dado que partía de una imagen invertida del positivismo- el estatus de los enunciados contrastadores o "falsadores potenciales" de las teorías. Y sin embargo, la salud de la empresa científica y su fidelidad al objetivo de búsqueda de la verdad dependían del papel metodológico asignado a estos enunciados. Los falsadores potenciales debían ser aceptados de manera intersubjetiva, pero el análisis lógico popperiano no alcanzaba a justificar el porqué. Desde un punto de vista lógico estricto, la justificación de un enunciado sólo pueden darla otros enunciados; para evitar un regreso infinito, Popper concluye que los enunciados contrastadores se admiten "por convención" (Popper 1935, pp. 100-101, 104). Afirma, eso sí, que tales acuerdos resultan fáciles de lograr

"en la práctica", pero a nadie se le oculta que esto es muy flaco refugio en una perspectiva analítica, máxime cuando estamos hablando de una cuestión de suma importancia filosófica y metodológica.

El escollo con el que se enfrenta Popper es, en realidad, una clara muestra de las limitaciones que tiene una aproximación puramente lógica en filosofía de la ciencia.<sup>2</sup> Para ir al fondo de las cuestiones metodológicas que plantea el desarrollo científico, o bien hemos de recurrir a un *fiat* injustificado (esas convenciones supuestamente fáciles de alcanzar), o se hace imprescindible ir más allá del mero análisis formal, de la elaboración de una "lógica de". Es evidente para cualquier científico en activo, como lo es para el hombre de la calle, que nuestros enunciados pueden estar fundados o *enraizados* en la observación y la manipulación de objetos, fenómenos o procesos. La comprensión de este proceso de enraizamiento requiere herramientas bastante sofisticadas, y a pocos se les oculta que se trata de una cuestión controvertida y en proceso de investigación: hablamos de un fenómeno del que dan explicaciones discrepantes, por ejemplo, distintas escuelas dentro de la lingüística, o dentro de las ciencias cognitivas. Pero poco contribuye al avance de una disciplina el hurtar sus principales problemas: vale más admitir un principio, indicando que necesita mayor estudio y aclaración, que sustituirlo por alguna solución expeditiva y nada satisfactoria.

Al falsacionismo, los datos se le convirtieron en un problema, lo que siempre constituye un avance, pero un problema que todavía no se tomaba demasiado en serio, y que se reducía rápidamente a patrones lingüísticos. Si desde Popper retrocedemos al positivismo, aquí los datos eran simplemente eso: el *datum*, lo dado en la experiencia de un modo transparente y no problemático (como no lo es el límite de validez o de inteligibilidad de un lenguaje). El positivista *postulado de la transparencia* de los datos ha sido atacado de la forma más seria y concienzuda en las últimas décadas, desde el campo de los estudios sociales sobre la ciencia. Recurriendo al estudio detallado de casos particulares y reales de actividad experimental, y resaltando su complejidad estructural y dinámica, se ha mostrado con rigor que no puede hablarse sin más de "datos". Es imprescindible admitir que lo que se encuentra en la actividad científica no son, en realidad, datos listos para su uso y disfrute, sino *procesos de formación de datos*. Los sociólogos han deducido de ello la existencia de una constante "construcción social de los hechos", pero esta expresión es ambigua, designando en algunos casos una obviedad,<sup>3</sup> y en otros un nuevo postulado que está muy lejos de haber sido establecido fehacientemente. El problema po-

periano de la base empírica es, a fin de cuentas, idéntico al problema de analizar los procesos de formación de datos.

Reflexionar acerca de la experimentación significa hacer un esfuerzo por comprender *qué es* un experimento, o, en su caso, *qué formas* diversas y cambiantes ha adoptado el experimento y cuáles son los parentescos entre ellas. Significa el intento de analizar en toda su riqueza -sin atender a visiones prejuizadas acerca de lo que debería o no debería entrar en el discurso del filósofo de la ciencia- cuáles son los elementos que definen los parámetros en que se juega la actividad experimental. Significa en suma el intento de investigar, empírica y teóricamente, cómo se elaboran o cómo se forman los datos y los resultados experimentales. Se trata de una cuestión central de la filosofía de la ciencia, pero sólo ha sido abordada directamente en los distintos intentos de elaborar una filosofía de la experimentación, intentos como los de Hacking, Franklin, o Pickering.

Los artículos recogidos en esta sección monográfica de la revista *Theoria* exploran diversas vertientes de tales procesos, ya desde un punto de vista histórico, ya desde una perspectiva filosófica. Apuestan decididamente por analizar los aspectos técnicos, experimentales y -en las versiones más recientes y sofisticadas- tecnológicos de la actividad científica. Tres de los artículos estudian desarrollos característicos del siglo XX, mientras otros dos nos hablan ante todo del XIX, con alguna incursión en el XVII. Como el lector observará enseguida, los trabajos que hemos recopilado arrojan un sesgo a favor de la disciplina habitual, la física. Esto es un resultado natural del campo de experiencia en el que principalmente nos movemos los editores, pero la vez una fórmula adecuada como contrapartida a la predominancia que los filósofos han venido dando a la teoría física. Creemos también que se trata, en cierta medida al menos, no tanto de un sesgo como de una muestra de las tendencias globales en los estudios sobre experimentación realizados hasta el momento.

\* \*

Lo restante de esta presentación no se dedicará a repasar los temas tratados por los articulistas, ni a revisar de manera general el estado de la cuestión. Nos parece más importante contribuir a despejar el camino para una buena recepción de los estudios sobre la experimentación. Y es que, dada la preponderancia en filosofía de la ciencia de lo que llamaremos la tradición

teoreticista, resulta imprescindible introducir algunos comentarios y críticas al respecto.

Por *teoreticismo* entendemos la tendencia -tradicional en filosofía e historia de la ciencia- a privilegiar los aspectos teóricos del conocimiento sobre cualquier otro de sus rasgos, de modo que toda la actividad científica es interpretada desde el punto de vista de la elaboración conceptual y la teorización. De esa tendencia se deriva la inclinación a reformular cualquier cuestión o problema de la filosofía de la ciencia en términos exclusivamente conceptuales o teóricos. Correlativamente, lo empírico tiende a ser considerado como algo situado en los márgenes,<sup>4</sup> los resultados experimentales son objeto de una simplificación y estilización sistemática, y los procesos propios de la actividad experimental desaparecen de la reflexión metodológica.

No hay aquí espacio para analizar los orígenes históricos del teoreticismo, pero es imprescindible tener en cuenta de qué forma los físicos -o parte de ellos, los más "filosóficos"- han facilitado y fomentado esta forma simplificada de concebir la ciencia. Esto ocurre tanto hoy como en el pasado, si bien la física sólo ha cultivado la tendencia teoreticista de una forma decidida precisamente desde que es una ciencia hegemónica. Fue un enfoque promovido por científicos como Mach, Boltzmann o Einstein, algunos de ellos grandes experimentadores, pero que hurtaron cualquier discusión sobre las peculiaridades metodológicas y epistemológicas de la actividad experimental. Y ello fue posible porque a mediados del siglo XIX se desarrolló la *física teórica* como subdisciplina autónoma dentro de la comunidad física, especialmente en las universidades alemanas y británicas (véase Jungnickel & McCormach 1986).

La línea que conduce de esos hombres a autores como Schlick, Popper, y aún el propio Kuhn, no resulta demasiado difícil de reconstruir. Las tendencias teoretizantes que emanaban de la aristocracia de los físicos se multiplicaron por las filosóficas propias de quienes se inspiraban en la lógica matemática y el giro lingüístico para analizar la ciencia. Los estudios históricos, por su parte, no ayudaron a corregir el sesgo, ya que generalmente estaban contaminados por la misma tendencia teoreticista -piénsese en Koyré, por ejemplo-. Tirando del hilo podría llegarse más lejos, hasta esa constante en las tendencias culturales de Occidente: la propensión a idolatrar lo contemplativo o teórico como algo superior, contra la que han luchado hombres tan diversos como Galileo o Hume, pero que constantemente ha ido renaciendo de sus cenizas.

Un ejemplo extremo de la tendencia reformuladora del teoreticismo lo dio el mismo Popper en su *Objective Knowledge* de 1972, y ya en su conferencia (1957). Abundando en la idea de que todo está impregnado de teorías, conjeturas e hipótesis, llegó a defender que nuestra propia constitución biológica puede verse como un inmenso conjunto de hipótesis acumuladas y seleccionadas en el transcurso de la evolución. Esta metáfora tiene obviamente sus virtudes, pero si se emplea para defender la tesis de que todo está cargado de teorías, se cometen abusos muy evidentes. Naturalmente, a un autor tan agudo como Popper no se le escapaba el enorme abuso lingüístico y conceptual que supone llamar "teoría" a una cierta predisposición biológica, producto quizá de la interacción entre una cadena de DNA y múltiples factores físico-químico-biológicos de su entorno.

Así, resulta claro que una crítica que debe hacerse al teoreticismo es la de caer en un uso inflacionario y abusivo del término "teoría" o, alternativamente, sacar demasiado partido de las ambigüedades en el uso corriente de la palabra "hipótesis". No se gana demasiado al partir de la confusión entre una entidad lingüística -o, si se quiere, modelística o representacional- y un patrón de conducta. A este respecto puede ser interesante elaborar un ejemplo del propio Popper. Entre las hipótesis o "expectativas" innatas básicas, según él, una de las más importantes es la propensión a buscar regularidades. Esta especie de "ley de causalidad" ínsita es, nos dice, psicológica o genéticamente *a priori*, pero además lógicamente *a priori*, dado que toda observación es selectiva y presupone un punto de vista, un patrón de semejanzas; y que el reconocimiento de semejanzas presupone la expectativa de regularidades (Popper 1957, pp. 72-74).<sup>5</sup>

Al considerar la propensión a percibir regularidades como un correlato (siquiera impreciso) del principio de regularidad o legalidad, se está introduciendo precisamente un sesgo teoreticista, una lectura de la cuestión que obviamente privilegia aspectos teóricos. Resulta difícil atribuirle a un ratón de laboratorio, sometido por ejemplo a una prueba de aprendizaje en una caja de Skinner, la posesión de algún tipo de teoría o hipótesis. Sin embargo ya en su conducta se encuentran regularidades múltiples, y estas regularidades sólo pueden explicarse como resultado de la percepción de regularidades en el entorno. Es obvio también que todas esas regularidades pueden traducirse a términos lingüísticos, pero esto no significa que estén presentes en el animal bajo forma de principios lingüísticos o teóricos. Aquí convendría acordarse del dicho italiano: *traduttore traditore*.

En el caso de un humano, la confusión resulta menos evidente: si por inadvertencia pongo la mano en un quemador caliente, inmediatamente se

dispara un acto reflejo y separo la mano. Pero no está justificado -*pace* Descartes y Hume- suponer que mi acto reflejo involucra la consideración de alguna "idea", ni tampoco -*pace* Fodor- decir que el procesamiento mental involucrado se da en algún formato lingüístico, proposicional.

Otra cuestión es que en el desarrollo de las teorías científicas se haga cada vez más importante formular en abstracto las presuposiciones de los planteamientos anteriores, con vistas a criticarlas y en su caso superarlas. Esto es precisamente lo que ha sucedido, en el desarrollo de la física, con el principio de causalidad: lo que inicialmente puede haber sido un esquema implícito, propio de nuestras pautas de percepción y actuación, acabó convirtiéndose en una hipótesis explícita y muy básica, que bien pudiera ser errónea. Que se dé tal proceso de explicitación teórica no implica, en absoluto, que aquella presuposición estuviera presente *ab initio* en la forma de una hipótesis abstracta de alto nivel. Los esquemas causales pueden haber sido una guía de la observación y la experimentación, sin que esto quiera decir que la ciencia ha dependido del *postulado metafísico* de un principio universal de causalidad.<sup>6</sup>

Independientemente de que nuestras críticas al teoreticismo sean o no aceptadas por el lector, creemos que es imprescindible promover una mayor conciencia de los efectos que tienen sesgos de interpretación como el que venimos señalando. Así, sugeriríamos la conveniencia de realizar el ejercicio de saltar entre formulaciones teoreticistas y formulaciones 'des-teoretizadas' de una misma situación. En general, ante un proceso cualquiera se trataría de formularlo primero en los términos más abstractos y teóricos que sea posible, y a continuación en los términos más experimentales o instrumentales, esto es, más próximos a la manipulación efectiva de objetos materiales. En el caso de la causalidad, podemos concebirla como un principio universal que rigió en un tiempo la elaboración de hipótesis y teorías, o bien como un esquema o conjunto de esquemas -neurales o cognitivos- que guían la actuación y la percepción.

El teoreticismo no sólo ha resultado un aliado natural de la lectura metafísica de los presupuestos de la ciencia, sino también -junto con el formalismo exagerado- un aliado a su pesar de los planteamientos relativistas. Los extremos se tocan, y es sobre todo a este nivel que cabe hablar de la miseria del teoreticismo. No es éste el lugar donde desarrollar la cuestión en detalle, de modo que nos reservaremos el tema para mejor ocasión, pero conviene dar al menos alguna indicación. Es bien conocido el empleo que se ha hecho, entre las filas relativistas, de la tesis de la carga teórica de la observación (una tesis que suele plantearse con tanto mayor convicción

cuanto más débiles, o inexistentes, son los argumentos elaborados a su favor). La complicidad entre dicha tesis y los planteamientos de un Popper, pero más aún de su discípulo Lakatos, es evidente; y la tendencia teoreticista no era menos clara en autores como Hanson o Kuhn, padres de algunas de las versiones fuertes de la tesis de la carga teórica.<sup>7</sup>

Esperamos que los anteriores comentarios, aun siendo muy fragmentarios, hayan servido para que el lector se haga consciente de una serie de presupuestos de las aproximaciones usuales en filosofía de la ciencia. Ello debería bastar para preparar el terreno convenientemente, previniendo diversas objeciones a los enfoques desarrollados en los artículos que siguen. Si es así, los anteriores párrafos, con todas sus limitaciones y su necesidad de desarrollo, habrán cumplido su objetivo.

\* \* \*

En resumidas cuentas, las imágenes proyectadas por la filosofía de la ciencia -incluyendo la post-popperiana- han dejado al experimento *cautivo* de la teoría: la teoría (o el paradigma, o el programa de investigación, o ...) sería lo primero y primordial, lo que antecede y acompaña al experimento, y por supuesto lo que resulta de él. Pero, teniendo en cuenta que el reo ha mostrado muy buena conducta, y que en opinión popular la ciencia moderna le debe tanto, creemos que es de justicia solicitar formalmente su libertad condicional: esto es, el reconocimiento de la *autonomía relativa* de la experimentación. Desde luego, "autonomía relativa" es una expresión ambigua; pretendemos expresar que, en la actividad científica, la fase experimental y la fase teórica están situadas cuando menos en el mismo plano: que la primera goza de *al menos* tanta autonomía como pueda tener la segunda. Teorización y experimentación deben ser reconocidos como pares entre los que no hay un primero: la teoría no es el rey.

Confiamos en que esta sección monográfica sirva para hacer más que plausible esa conclusión, y para estimular nuevos estudios empíricos y teóricos que ayuden a su clarificación.

*Notas*

- <sup>1</sup> El estudio de caso en cuestión es su obra de 1979, *Electricity in the 17th and 18th Centuries*.
- <sup>2</sup> No proponemos aquí tirar el niño con el agua del baño: rechazar la reducción de la filosofía de la ciencia a análisis formal no implica negar a éste un papel importante.
- <sup>3</sup> Los procesos de formación de datos, como parte de la actividad desarrollada por las comunidades científicas, son obviamente procesos sociales. Esto no equivale, en absoluto, al principio de que todos los factores relevantes son de índole sociológica.
- <sup>4</sup> Piénsese por ejemplo en la célebre imagen quineana de la ciencia como un campo de fuerzas lógico-lingüístico cuya frontera es lo empírico.
- <sup>5</sup> Cuando se habla de "expectativa", habitualmente se quiere decir consciente o al menos mental; esto no es, obviamente, a lo que Popper se refiere. Nótese que, al tener en cuenta la equívocidad en el empleo de términos como "hipótesis" o "expectativa", la fuerza del argumento se disuelve. Pero no es éste el aspecto en el que queremos centrarnos.
- <sup>6</sup> Adviértase cómo la tendencia teoreticista ha sido una gran aliada de quienes han resaltado los presupuestos metafísicos de la ciencia.
- <sup>7</sup> En cambio, nótese las críticas planteadas por Hacking (1983, cap. 10), críticas que -curiosamente- suelen desatender los que por otros motivos mencionan su libro con admiración.

*BIBLIOGRAFIA*

- Buchwald, J.Z.: 1994, *The creation of scientific effects. Heinrich Hertz and electric waves*, University of Chicago Press.
- Buchwald, J.Z. (ed.): 1995, *Scientific practice. Theories and stories of doing physics*, University of Chicago Press.
- Collins, H.M.: 1992, *Changing order. Replication and induction in scientific practice*, University of Chicago Press (edición original de 1985).
- van Fraassen, B.: 1980, *La imagen científica*, Barcelona, Paidós/UNAM, 1996.
- Franklin, A.: 1986, *The neglect of experiment*, Cambridge University Press.
- Galison, P.: 1987, *How experiments end*, University of Chicago Press.
- Galison, P.: 1997, *Image and logic*, University of Chicago Press.
- Gooding, D., Pinch, T.J., Schaffer, S. (eds.): 1989, *The uses of experiment*, Cambridge University Press.
- Hacking, I.: 1983, *Representar e intervenir*, Barcelona, Paidós/UNAM, 1996.
- Hacking, I.: 1992, 'The self-vindication of the laboratory sciences', in A. Pickering (ed.): *Science as practice and culture*, University of Chicago Press. Versión castellana en A. Ambrogi (ed.): 1999, *Filosofía de la ciencia: el giro naturalista*, Universitat de les Illes Balears.
- Heidelberger, M., Steinle, F. (eds.): 1998, *Experimental essays - Versuche zum Experiment*, Baden-Baden, Nomos Verlag.
- Heilbron, J.L.: 1982, *Elements of early modern physics*, University of California Press.

- Holmes, F.L.: 1974, *Claude Bernard and animal chemistry*, Harvard University Press.  
Holmes, F.L.: 1985, *Lavoisier and the chemistry of life. An exploration of scientific creativity*, University of Wisconsin Press.  
Jungnickel, C. & McCormmach, R.: 1986, *Intellectual mastery of nature: Theoretical physics from Ohm to Einstein*, 2 vols., University of Chicago Press.  
Pickering, A.: 1989, 'Living in the material world: On realism and experimental practice', in Gooding, Pinch, Schaffer (1989).  
Pickering, A.: 1995, *The mangle of practice*, University of Chicago Press.  
Popper, K.R.: 1935, *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos, 1962 (traducción de la 2ª ed. inglesa, 1959).  
Popper, K.R.: 1957, 'La ciencia: conjeturas y refutaciones', in *Conjeturas y refutaciones*, Barcelona, Paidós, 1983.  
Price, D. de S.: 1983, 'Of sealing wax and string', *Natural History* 93 (1984), 48-57.

José FERREIROS

Departamento de Filosofía y Lógica  
Universidad de Sevilla  
Camilo José Cela, s/n  
41018 Sevilla  
E-mail: jmferre@cica.es

Javier ORDOÑEZ

Departamento de Lógica y Lingüística  
Universidad Autónoma de Madrid  
Campus de Cantoblanco  
28049 Madrid  
E-mail: Javier.Ordonnez@uam.es