

EXPERIMENTACION Y DESCUBRIMIENTO: ALGUNAS REFLEXIONES DESDE LA EPISTEMOLOGIA DE LA EXPERIMENTACION¹

Marisa Velasco*

RESUMEN

Tanto la experimentación como el descubrimiento científico son temáticas que han caracterizado a una buena parte de la discusión en filosofía de la ciencia en los últimos años. Sin embargo, no abunda la reflexión sobre las posibles vinculaciones entre estos dos aspectos de la actividad científica.

El presente trabajo se propone realizar algunas consideraciones sobre la relación entre descubrimiento y experimentación, a partir de algunos aspectos y roles de la experimentación dentro de la empresa científica. Se tomará como marco la epistemología de la experimentación, con las restricciones que impone la diversidad de investigaciones y tradiciones filosóficas que se agrupan bajo ese nombre. En particular, se tratarán los siguientes tópicos referidos a la experimentación: los experimentos imaginarios, los experimentos para testear teorías y los experimentos para medir, los experimentos cruciales, experimento repetible y experimento repetido, la trilogía experimentos, teorías e instrumentos.

Palabras clave: Descubrimiento; Experimentación; Contextos; Heurísticas; Filosofía de la Ciencia.

EXPERIMENTATION AND DISCOVERY: SOME REMARKS FROM THE EPISTEMOLOGY OF EXPERIMENTATION

Experimentation and scientific discovery are topics that have characterized the discussion in the Philosophy of Science. However, there is not much of a reflection about the link between these two faces of the scientific activity.

The purpose of this paper is to make some remarks about the relationships between discovery and experimentation, from the consideration of the several faces of experimentation and their role in science. The framework of this work will be the epistemology of experimentation. The diversity of works and philosophical traditions grouped under the expression 'epistemology of experimentation' will be taken into account. The following experimentation topics will be developed: thought experiments, experiments to test theories and

* Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad Nacional de Córdoba. E-mail: marisa@filosofia.uncor.edu

experiments to measure, crucial experiments, repeatable and repeated experiments, the trilogy experiments, theories and instruments.

Key Words: Discovery; Experimentation; Contexts; Heuristics; Philosophy of science

Tanto la experimentación como el descubrimiento científico son temáticas que han caracterizado a una buena parte de la discusión en filosofía de la ciencia en los últimos años. Sin embargo, no abunda la reflexión sobre las posibles vinculaciones entre estos dos aspectos de la actividad científica.

La experimentación ha sido abordada por la “epistemología de la experimentación” o “el nuevo experimentalismo” desde muy diferentes ángulos y, también desde muy diferentes tradiciones dentro de la filosofía de la ciencia. Como un esbozo de clasificación, estos trabajos podrían separarse dos grandes grupos: a) algunos privilegian una aproximación *histórica* al análisis de casos, en buena medida los trabajos de este tipo se enmarcan dentro de tradiciones muy ligadas a la sociología del conocimiento. b) otro grupo de trabajos privilegia el análisis *argumental*, es decir, ven a la experimentación como un argumento y, en consecuencia, los análisis que realizan van desde una perspectiva inferencial hasta una perspectiva semiótica.

Sin embargo, una de las características que comparten estos trabajos es el intento de elucidar la estructura y dinámica interna, si me permiten la expresión, del concepto de evidencia experimental.

Tomando como marco la epistemología de la experimentación, con las restricciones que ello impone, el presente trabajo se propone establecer algunas consideraciones sobre la relación entre descubrimiento y experimentación, a partir de algunos aspectos o aproximaciones a la experimentación que han sido señalados por la epistemología de la experimentación.

Experimentos imaginarios: también llamados experimentos mentales o experimentos pensados. La existencia de experimentos imaginarios dentro de la ciencias es algo que no puede ser negado, pero el principal problema de interpretación se plantea al intentar establecer qué tipo de conocimiento produce un experimento imaginario. Los polos de la interpretación lo constituyen principalmente el empirismo y el racionalismo. Sin embargo, existen entre estos polos una amplia gama de interpretaciones. A continuación se ofrece un listado (obviamente no exhaustivo) de las interpretaciones que los experimentos imaginarios han recibido, principalmente en lo que respecta a su rol:

a) La experimentación mental es una condición previa y necesaria de la experimentación física (Mach, E. (1905)), b) Permiten una reorganización conceptual porque, o bien ayudan a superar cierta confusión conceptual o ponen de manifiesto que nuestras teorías no ajustan bien con parte de nuestro background de datos (Kuhn, T. (1964)), c) Tienen un uso heurístico, crítico y apologético, aunque sólo los dos primeros son usos legítimos (Popper, K. (1962)), d) Son una forma idealizada de realizar expe-

rimentos que nos provee de conocimiento *a priori* (Koyré, A. (1960, 1966)), e) Son formas argumentales, que involucran principalmente contrafácticos o conocimiento hipotético para que no sean sólo descripciones de estados de cosas reales (Norton, J. (1991)), f) Los experimentos imaginarios, a diferencia de los argumentos lógicos y otras formas de razonamiento proposicional, son razonamientos que involucran la construcción y realización de inferencias a partir de una simulación mental. (Nersessian, N. (1992)), g) Proveen nuevo conocimiento que involucra un incremento en la comprensión de las condiciones bajo las cuales un modelo teórico se sostiene (Humphreys, P. (1993)).

No todas las interpretaciones son absolutamente incompatibles, porque algunas de ellas se encuentran en diferentes niveles de análisis. Existen tres aspectos de los experimentos imaginarios que pueden ser de interés desde la perspectiva del descubrimiento científico, por un lado establecer cuál es la relación entre los experimentos imaginarios y los experimentos reales, segundo cuál es la relación entre los experimentos mentales y las simulaciones computacionales, y tercero determinar si no estaríamos frente a una herramienta claramente heurística para establecer las implicancias de los modelos teóricos.

En relación al primer punto, respecto a la relación entre experimentos imaginarios y experimentos reales, se puede afirmar, si se acentúa experimento dentro de la expresión ‘experimento imaginario’, que existe una serie de experimentos imaginarios que van acercándolo al experimento real. Desde este punto de vista los experimentos imaginarios son antecámaras de los experimentos reales. Esta perspectiva hace poca justicia de aquellos experimentos mentales que son imposibles como experimentos reales. Además, no da cuenta de una de las características claves de los experimentos imaginarios, que no se da en los reales: dentro de los experimentos imaginarios podemos manejarnos directamente con idealizaciones. Desde esta perspectiva de análisis, los experimentos imaginarios no parecen aportar demasiado al contexto de descubrimiento. La segunda y la tercera perspectiva, es decir, la que ve las relaciones entre experimentos imaginarios y simulaciones computacionales, y la que ve a los experimentos imaginarios como una herramienta para establecer las implicancias de los modelos teóricos, parecen más promisorias. Brevemente, se puede destacar en ambos casos el aspecto heurístico de los experimentos imaginarios. Es decir, llevar adelante un experimento imaginario puede servir de fuente para nuevas teorizaciones o para postular nuevas entidades teóricas.

Otra correlación interesante puede establecerse entre los experimentos imaginarios y la resolución de problemas. Se puede formular la pregunta ¿es un experimento imaginario un problema bien planteado? Puede pensarse que la analogía es válida, pero en ese caso no todos los experimentos imaginarios son problemas bien planteados. En el transcurso de un experimento imaginario suelen ir desarrollándose las condiciones para convertirlo en un problema bien planteado. Pero es en ese desarrollo donde se ‘realiza’ el experimento imaginario.

Los experimentos para testear teorías y los experimentos para medir: una de las primeras funciones (y en algunos casos casi la única) que se le ha asignado tradicionalmente a los experimentos es la de testear teorías. Sin embargo, muchos experimentos tienen un carácter exploratorio de la naturaleza, o bien tienen como finalidad la medición de ciertos parámetros no establecidos por la teoría.

Podría pensarse que estos dos tipos de experimentos constituyen dos polos de un continuo que iría desde los experimentos fuertemente guiados por teorías hasta los experimentos sin guía teórica. Sin guía teórica tiene aquí el sentido fuerte de no estar diseñados a los fines de testear una teoría o hipótesis. Los experimentos de esta última clase pueden verse como experimentos que estimulan la teoría. De igual modo ciertas leyes experimentales preceden a la teoría que puede dar cuenta de ellas.

Desde esta perspectiva podría pensarse que los experimentos para testear teoría tienen poca relevancia para el descubrimiento. Sin embargo, esta afirmación debe ser acotada en los siguientes casos:

- a) Cuando un experimento explícitamente diseñado para testear teoría produce un resultado no esperado. Dicho de otra manera cuando se ‘descubre’ algún fenómeno nuevo. Este es uno de los sentidos de ‘descubrimiento’, el descubrimiento de entidades.
- b) Llevar adelante un experimento, aunque su función principal sea testear teoría, involucra una trama de relaciones entre teoría-experimento e instrumentos (como se expondrá más adelante) que en algunos aspectos está más cerca del descubrimiento que de la justificación.

Existe una categoría de experimentos cuya función es testear teorías, que puede ser muy interesante desde la perspectiva del descubrimiento, me refiero a los *experimentos cruciales*. Los experimentos cruciales son aquellos experimentos diseñados con fin de permitir la elección entre teorías o hipótesis rivales. Los experimentos cruciales han recibido diferentes interpretaciones desde Bacon a la fecha respecto a la posibilidad teórica de su realización, al análisis de casos históricos para determinar si se trata efectivamente de un experimento crucial y al rol que tendrían dentro de la elección de teorías. Pero aún aceptando la crítica de Lakatos de que un experimento no puede funcionar realmente como crucial en el sentido de refutar una de las teorías en cuestión, pueden, sin embargo, los resultados de este experimento servir de guía para la modificación de las hipótesis auxiliares que le permitan a la teoría no quedar refutada. Esto daría a los experimentos cruciales un rol fuertemente heurístico para el cambio teórico, aún rechazando que puedan refutar absolutamente alguna teoría.

Experimento repetible, y experimento repetido: ha sido un lugar común basar parte de la confianza de los resultados experimentales en la idea de repetitividad de un experimento. Por ejemplo Popper sostuvo que “no tomamos nuestras observaciones muy seriamente, o las aceptamos como observaciones científicas, hasta que las hayamos repetido y testeado. Sólo a través de tales repeticiones nos convencemos que no estamos

tratando con una mera ‘coincidencia’ aislada, sino con eventos que, sobre la base de su regularidad y reproductibilidad, son en principio intersubjetivamente testeables” (a pesar de que la cita se refiere a la observación puede, sin problemas, aplicarse a la experimentación).

La historia de la ciencia muestra que los experimentos no se repiten, sino que en realidad se realizan por otros medios. El concepto de experimento repetido se ha transformado en el concepto de experimento repetible, en el sentido de que es en principio repetible, aunque en la práctica no se realice. La idea de repetitividad en principio es una estrategia para justificar la confianza en los resultados experimentales. Los casos de experimentos repetidos, son en realidad casos donde se realizan experimentos con diferente diseño experimental, o instrumental a fin de obtener reportes equivalentes. El nuevo diseño experimental o instrumental es una actividad que parece estar más cerca del contexto de descubrimiento que del de justificación, si se utilizan estas estrechas categorías. Un caso aparte lo constituyen aquellos experimentos que se realizan una única vez, y que sin embargo sus resultados son considerados confiables. La manera en que se interpreta la confianza que los científicos tienen en los resultados de este tipo de experimento es el punto central de la disputa entre dos epistemólogos de la experimentación, A: Franklin y A. Pickering.

La trilogía experimentos, teorías e instrumentos: no puede negarse que gran parte del éxito experimental, o desde otra perspectiva del diseño experimental, está basado en los instrumentos disponibles. Pero la relación entre instrumentos, experimentos y teorías es una relación de mutua retroalimentación. A modo de ejemplo, muchos instrumentos (pueden incluirse dentro de esta categoría algunas técnicas) fueron desarrollados con el fin de llevar adelante determinados experimentos, pero a su vez el diseño de estos instrumentos puede exigir determinado desarrollo teórico. Pero, en muchos casos, este desarrollo teórico no podría darse si no se desarrollan primero ciertas técnicas. La compleja trama de relaciones entre la cultura experimental, teórica e instrumental (tal como lo muestran Hacking y Galison) pone de manifiesto que lo que los epistemólogos han llamado descubrimiento (se refieran a desarrollo teórico o a descubrimiento de entidades) es el producto de una dinámica donde categorías como contexto de descubrimiento y contexto de justificación son demasiado estrechas. El descubrimiento y la justificación no pueden ser estrictamente separados sin riesgos de artificialidad

Cómo terminan los experimentos: Esta expresión es el título de un libro de Galison. Hace mención a una interesante problemática dentro de la experimentación. El argumento a grandes rasgos es como sigue: los reportes de experimentos contienen los resultados de determinado experimento, sin embargo, entre el diseño de un experimento y su publicación en un reporte público, es decir, la decisión de terminar una investigación confluyen un conjunto de habilidades, estrategias, creencias e instrumentos que aseguran la confianza del experimentalista en los resultados publicados.

Elucidar la dinámica y peso relativo de cada uno de esos factores pone de manifiesto la dificultad para sostener distinciones estrictas entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación. Así como sugiere ciertas estrategias heurísticas para el descubrimiento basado en experimentación. Por ejemplo, las técnicas utilizadas por un experimentalista en la distinción entre datos y ‘ruido’, entre resultados y ‘artefactos’ experimentales.

A modo de conclusión puede decirse que no es tarea sencilla establecer las conexiones entre experimentación y descubrimiento. En parte porque son dos áreas en plena exploración, en las que la investigación desarrollada ha mostrado que confluyen una trama de relaciones y funciones bastante compleja. Sin embargo, creo que el nexo entre estas dos áreas es real y algunos de los aspectos que hemos marcado deben tenerse en cuenta para la elaboración de un concepto de descubrimiento. Resumiendo podría sostenerse que la incidencia de la experimentación en el llamado contexto de descubrimiento podría pasar al menos por los siguientes puntos:

1. El rol de los experimentos no puede ser reducido fácilmente al de testear teorías. Esta afirmación significa que no se acepta que la teoría sea siempre previa al experimento, en dicho caso la experimentación puede resultar en una fuente para el desarrollo teórico. El desarrollo teórico en este sentido es una actividad a la que se puede llamar descubrimiento.
2. Aún en el caso de experimentos para testear teorías se podría dar que aparecieran fenómenos no previstos. Este es otro de los sentidos en que se usa la palabra descubrimiento, aunque es el uso menos problemático epistemológicamente, ya que no es al que se dirige la distinción entre contextos. Sin embargo, esta situación puede verse no desde la perspectiva del descubrimiento de determinado fenómeno, sino en la elaboración de una teoría que dé cuenta de ese fenómeno. Esta es la estrategia bajo la cual se elaboró el programa KEKADA que incorpora a la experimentación entre sus estrategias para simular el descubrimiento de Krebs del ciclo de la ornitina. Las heurísticas centrales ligadas a la experimentación en este programa se basan justamente en el reconocimiento de un fenómeno como sorprendente frente a cierta expectación previa.
Por otra parte muchos fenómenos sorprendentes descubiertos a través de procedimientos experimentales son el punto de partida de la generación de nuevos términos teóricos. Esta sería una manera “generacionista”, si se me permite la expresión, de ver a las definiciones operacionales.
3. En el caso de los experimentos mentales ya establecí dos usos principales que podrían tener incidencia en el descubrimiento: a) Un uso heurístico ligado a la exploración de los límites del modelo teórico. b) Verlos como un caso de solución de problemas que podría llevarnos a la creación de nuevas entidades o cambios de representación.

Podría claramente objetarse que esta exposición no muestra cómo pasamos de la experimentación al descubrimiento científico. Entendiendo a este último como un contexto objeto de investigación epistemológica. Es verdad. Sólo he intentado mostrar que la experimentación tiene alguna incidencia dentro la actividad ligada al descubrimiento científico. La experimentación puede funcionar cómo una fuente de heurísticas que nos lleven al descubrimiento científico, y puede funcionar también como una heurística de búsqueda para el descubrimiento científico.

BIBLIOGRAFIA

- BROWN, J. Why Empiricism Won't Work. *PSA 1992*, v. 2, 1992.
- GALISON, P. *How the Experiments End*. The University of Chicago Press, 1987.
- GALISON, P. *Image and Logic*. The University of Chicago Press, 1997.
- GOODING, D. What is *Experimental* about Thought Experiment?. *PSA 1992*, v. 2, 1992.
- HACKING, I. *Representing and Intervening*. Cambridge University Press, 1983.
- HACKING, I. Do Thought Experiments have a Life of Their Own?. Comments on James Brown, Nancy Nersessian and David Gooding. *PSA 1992*, v. 2, 1992.
- HOROWITZ, T. e Massey, G. J. (eds). *Thought Experiments in Science and Philosophy*. Rowman and Littlefield, 1991.
- HUMPHREYS, P. Seven Theses on Thought Experiments. En Earman, J., Janis, N., Rescher, N. (Eds.) *Philosophical Problems of the Internal and External Worlds* University of Pittsburgh Press, 1993.
- KOYRÉ, A. El *De Motu Gravium* de Galileo: del experimento imaginario y de su abuso. *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, p. 197-245, 1960. Reimpreso en (1973) *Etudes d'histoire de la pensée scientifique*. Trad. Cast. *Estudios de historia del pensamiento científico*, Siglo XXI, 1977.
- KOYRÉ, A. *Etudes galiléennes*. Hermann, 1966. Trad. Cast. *Estudios Galileanos*, Siglo XXI, 1980.
- KUHN, T. A function for Thought Experiment, 1964. Reimpreso en 1977, *The Essential Tension*, Chicago University Press. Trad. Cast. *La Tensión Esencial* Fondo de Cultura Económica, 1982.
- LYMON, R. Thought Experiments of Stevin Mach and Gouy: Thought Experiments as Ideal Limits and as Semantics Domains. En Horowitz, T. and Massey, G. J. (eds), 1991.
- MACH, E. On Thought Experiments, 1905. En *Knowledge and Error*, Dordrecht D. Reidel, 1975, p. 134-147. Trad. Cast. *Conocimiento y Error*, Espasa Calpe, 1948.
- NERSESSIAN, N. In the Theoretician's Laboratory: Thought Experimenting as Mental Modeling. *PSA*, v. 2, 1992.
- NORTON, J. Thought Experiment in Einstein's Work. En Horowitz, T. and Massey, G.J. (eds), 1991.
- POPPER, K. *The Logic of Scientific Discovery* Hutchison. Trad. Cast. (1977) *La Lógica de la Investigación Científica*, Tecnos. 1962.

NOTA

- ¹ Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto "Descubrimiento científico y estrategias inductivas" que dirige el Prof. Víctor Rodríguez, subsidiado por Secyt-UNC y CONICOR.