

EL CONTROL EXPERIMENTAL EN EL METODO CIENTIFICO

En su nacimiento y primera andadura, el desarrollo de la ciencia se realizó sin una clara conciencia de la naturaleza y alcance del método científico.

Ciertamente, el programa cognoscitivo formulado a fines del siglo XVI por Galileo y asumido después por Newton era innovador. Incluía una renuncia explícita a obtener un conocimiento exhaustivo de la realidad, y declaraba en cambio su propósito de permanecer anclado en la experiencia, estudiando aquellos aspectos de la misma susceptibles de tratamiento matemático. Suponía, por tanto, un nuevo modo, no filosófico, de afrontar el estudio de la naturaleza.¹

Ahora bien, la constatación de esta intencionalidad en el proyecto de la nueva ciencia no significa que se diera, ya desde el primer momento, una comprensión adecuada de su método, ni una delimitación precisa de su estatuto epistemológico. Es más, en el desarrollo histórico de la misma, no faltaron momentos en los que incluso la propuesta inicial de adoptar una perspectiva parcial para estudiar la realidad se vio sustituida por pretensiones de totalidad, que presentaban la ciencia experimental como una alternativa a la filosofía, y no como un tipo de saber de características heterogéneas.

Sin embargo, el mismo progreso científico, al ir acompañado por un alto grado de especialización de las diversas disciplinas con su consecuente fragmentación, ha contribuido a que actualmente los científicos sean menos propensos a aceptar la mítica idea de una ciencia única, absoluta y omnicomprendensiva, difundiéndose en cambio una

¹ Cfr. por ejemplo G. GALILEI, tercera carta a Marco Welser sobre las manchas solares, en *Opere*, Ed. Nac. Barbera, Florencia 1929-1936, vol. V, p. 187, y también el prefacio de Newton a la primera edición de su *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, cfr. I. NEWTON, *Principi matematici della filosofia naturale*, ed. a cargo de A. Pala, UTET, Turín, 1965, p. 55.

creciente conciencia de la parcialidad y autolimitación de sus métodos. Esta situación, siendo positiva —en cuanto conforme con la realidad—, puede desembocar también en escepticismo o agnosticismo. El reconocimiento de la parcialidad no basta, si no se llega a otro saber —también científico—, desde el cual se proporcione una base racional que la fundamente.

Junto a esto, la evolución de la ciencia —especialmente de la física— en el primer tercio de nuestro siglo ha abierto una serie de interrogantes sobre algunos aspectos del método científico en sí mismo y de su fiabilidad, que hasta ese momento se habían considerado incuestionables.

Esta conciencia de la necesidad de dar razón del mismo conocimiento científico como tal, y de clarificar la naturaleza, el alcance y los límites de la ciencia experimental es uno de los factores que han promovido lo que podríamos llamar “incursiones filosóficas” de un gran número de científicos contemporáneos. Porque, inevitablemente, el análisis de estas cuestiones remite a instancias que trascienden el ámbito propio de las ciencias, y reclama en muchos aspectos una fundamentación y una interpretación de carácter filosófico.

La metodología, aparece así como una reflexión filosófica acerca de la naturaleza y el valor del método científico. Usamos premeditadamente el término reflexión para poner de relieve que se trata de un estudio desarrollado “a posteriori”, partiendo de un análisis, que podríamos llamar fenomenológico, que examine los caracteres que especifican de hecho el conocimiento científico, y no “a priori”, en un intento de establecer, a instancias de un planteamiento filosófico preconcebido, lo que la ciencia “debe ser”. La metodología, como las demás ramas de la filosofía de la ciencia, nace en un segundo momento como fruto de la reflexión crítica sobre el trabajo científico.²

Un intento de clarificación de las características específicas del método científico, que se apoye en la observación y análisis de la ciencia real, deberá considerar por tanto la pluralidad y heterogeneidad de factores que intervienen en su génesis y consolidación. Y como consecuencia exigirá renunciar a establecer demarcaciones rígidas desde el punto de partida, que exigirían o bien ignorar una serie de influencias que no son irrelevantes, o considerar aisladamente factores que no son separables, pagando el precio excesivamente elevado de una simplificación de la realidad del mismo conocimiento científico.

² Un trabajo planteado desde esta perspectiva es M. ARTIGAS, *Filosofía de la ciencia experimental*, EUNSA, Pamplona, 1989.

1. *El objetivo de la ciencia y sus exigencias con respecto al método científico*

Teniendo en cuenta las consideraciones precedentes, el camino que vamos a seguir para analizar la función del control experimental en el método científico va a ser, en cierto sentido, retrospectivo: partiremos de la constatación "a posteriori" de los objetivos que se descubren en la ciencia experimental, que nos permitirán precisar alguna de las características de su método. Porque, como tendremos ocasión de poner de manifiesto, el objetivo general interno de cada ciencia condiciona directamente el método de la misma, al imponerle una serie de exigencias a las que debe ajustarse.

Es un hecho verificable que las ciencias experimentales tienen una serie de repercusiones técnicas, que no se dan en otros tipos de saberes. Las ciencias dan origen a la técnica, y la filosofía, por ejemplo, no. Con esta observación, no pretendemos afirmar que las ciencias experimentales tengan exclusivamente una intencionalidad pragmática, que sean meros instrumentos de dominio. Esto supondría olvidar su contenido noético o, al menos, separar dos objetivos que en realidad se dan intrínsecamente unidos: el conocimiento de la naturaleza y su dominio controlado. Destruir esta unión equivaldría a eliminar lo más característico de la ciencia experimental.³

Al señalar que la ciencia está en el fundamento de la técnica, queremos simplemente afirmar un hecho, que nos puede ayudar a entender la naturaleza de la ciencia misma. Porque el requerimiento de que se pueda combinar el aspecto cognoscitivo con el dominio efectivo de la naturaleza, impone que los contenidos teóricos que se van a manejar pueden ser relacionados de un modo peculiar con los datos obtenidos mediante la experimentación. Este requisito no aparece, en cambio, en el objetivo general de otro tipo de ciencias, por lo que el control experimental deja de ser un elemento indispensable de su metodología.

Ahora bien, la naturaleza y el peso específico de este control experimental dentro del método científico no es uniforme en todas las ciencias, ni es ciertamente sencillo de determinar en cada caso. Es más, dentro de una misma ciencia se pueden distinguir distintos ni-

³ Algunas reflexiones sobre las repercusiones técnicas de la ciencia se pueden encontrar en J. ZIMAN, *An introduction to science studies*, Cambridge University Press, 1984, capítulos 9 y 10.

veles de enunciados, que presentan una mayor o menor proximidad a los hechos experimentales. Es evidente, por otra parte, que la tarea del científico no se reduce a recolectar datos empíricos o a medir magnitudes físicas. El científico trabaja a menudo con elementos abstractos, expresados, en la medida de lo posible, en términos matemáticos. Y es que el control experimental representa un interrogatorio sistemático de la naturaleza, que puede incluir estrategias diversas y que, en el mismo modo de ser planteado, implica una cierta clave de lectura de los datos.⁴

Con la evolución de la ciencia en los últimos años, este carácter abstracto se ha ido incrementando, de modo especial, aunque no exclusivo, en la física. La matemática no se limita entonces a ser un accesorio útil para la precisión del lenguaje o un simple medio de cálculo, sino que se convierte en un verdadero instrumento expresivo, constituyéndose en el elemento formal intrínseco de estas disciplinas, con una consecuente pérdida de intuitividad y de representatividad imaginativa en sus formulaciones, que podría interpretarse como un presunto alejamiento de la experiencia.

Estas consideraciones hacen necesario explicitar un poco más el sentido que tiene la exigencia de la controlabilidad experimental en el método científico. Hemos dicho que el retorno a la experiencia sensible es camino obligatorio para las ciencias empíricas. Ciertamente, una teoría no puede tener cabida en el ámbito de la ciencia, si no ofrece la posibilidad de ser confrontada con los datos empíricos. Ahora bien, esta exigencia de la posibilidad de relacionar los contenidos teóricos con los hechos empíricos implica introducir el control experimental, no sólo en un momento dado del desarrollo del método científico mediante la observación o la experimentación, sino en su mismo fundamento, en la misma definición y selección de un tipo de conceptos que consientan esta *posibilidad* de ser confrontados con la experiencia, y que serán por tanto las piezas fundamentales en la constitución del lenguaje mediante el cual se podrán expresar las teorías científicas.

Precisamente por estar en la base de la delimitación del dominio de la ciencia, la determinación del papel del control experimental en este momento de la constitución de su objeto puede aportar datos interesantes para clarificar la naturaleza y alcance del conocimiento científico, permitiendo asimismo dar razón de algunos de sus rasgos característicos.

⁴ Vid. R. HARRÉ, *Great Scientific Experiments*, Phaidon Press Limited, 1981, donde se ilustra el papel desigual que pueden desempeñar los experimentos en la adquisición de conocimientos científicos.

2. *El control experimental en la construcción del objeto científico*

La teoría de la objetivación formulada por Agazzi nos ofrece un marco adecuado para integrar las consideraciones precedentes en un análisis más amplio de la construcción del objeto científico.⁵ En efecto, el objeto científico no nos viene dado; no se trata simplemente de descubrirlo, hay que construirlo. Y en esta elaboración del propio ámbito temático adquiere un papel determinante la óptica de la que se parte, el "in quantum" que se adopta en cada ciencia. Porque es precisamente el "punto de vista" elegido, el que proporciona el criterio según el cual se definen los "predicados básicos" (*basic predicates*), que son los que, a su vez, circunscriben el horizonte conceptual en el que se va a mover la ciencia, configurando lo que Agazzi denomina su "entero" propio y que constituye por consiguiente un "recorte" de la realidad.

El punto de vista adoptado por las ciencias experimentales, que, como hemos visto, está en consonancia con el objetivo que se proponen, condiciona la definición de los predicados básicos en los siguientes términos: además de formular las definiciones teóricas oportunas, exige que se indiquen procedimientos experimentales que permitan su aplicación a situaciones reales dadas empíricamente. De este modo, la correspondencia entre los "predicados básicos" y la experiencia se da, en las ciencias experimentales, en una serie de reglas o "criterios de protocolaridad" (*criteria of protocolarity*), que deberán ser definiciones operativas: sólo se podrán admitir como predicados básicos de una ciencia experimental los conceptos susceptibles de ser definidos mediante una serie de operaciones físicas, al menos conceptualmente posibles.⁶

Las ciencias experimentales aparecen desde esta perspectiva como una modalidad peculiar del conocimiento científico. De hecho, el proceso descrito puede ser aplicado al análisis del objetivo de cual-

⁵ Vid. por ejemplo E. AGAZZI, *Temi e problemi di filosofia della fisica*, Abete, Roma, 1974; "L'epistemologia contemporanea: il concetto attuale di scienza", en *Scienza e filosofia oggi*, Massimo, Milano, 1980, pp. 7-20; "Proposta di una nuova caratterizzazione dell'oggettività scientifica", en *Itinerari* (1979), 1-2, pp. 113-131; un análisis de la epistemología de Agazzi puede encontrarse en P. A. ROSSI, "Attuali tendenze dell'epistemologia italiana: la corrente oggettualista", en *La filosofia della scienza in Italia nel'900*, editado por R. Agazzi, Ed. Franco Angeli, 2ª ed., Milano, 1987, pp. 403-414, y también en M. ARTIGAS, "Objectivity and Reliability in science", en *Epistemologia* 11 (1988), 1, pp. 101-116.

⁶ Se puede situar la introducción explícita de la definición operativa en la metodología científica en las primeras formulaciones de la relatividad de Einstein, y más explícitamente aún en algunos trabajos de Heisenberg. Vid. A. EINSTEIN, *Relativity: The Special and General Theory*, London, 1954, y W. HEISENBERG, "Über quantenmechanische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen", en *Zeitschrift für Physik*, 33 (1925), pp. 879-925.

quier tipo de ciencia, con tal de que se consiga concretar qué predicados se toman como básicos, y qué procedimientos se emplean para definirlos. Es más, los "predicados básicos" y los "criterios de protocolaridad" son distintos en las diversas ciencias, y pueden constituir un modo de demarcación de las mismas, ya que especifican su objeto formal.

La definición operativa puede así interpretarse como el modo de objetivación asumido por las ciencias experimentales, objetivación que permite establecer una correspondencia entre los conceptos teóricos y los experimentos.

El control experimental se introduce así en el proceso científico a través de la definición operativa, no en un momento dado de su desarrollo, sino en su mismo fundamento, como criterio de definición de los objetos que tienen derecho de ciudadanía en la misma.⁷

Es importante señalar que los predicados básicos y los criterios de protocolaridad no deben ser entendidos como conceptos puramente empíricos: incluyen siempre una interpretación teórica, ya que cualquier operación es formulada y sus resultados son leídos siempre en el contexto de una teoría. No existen, por tanto, en las ciencias conceptos puramente empíricos, desprovistos de cierta carga teórica. El control experimental debe entenderse no como un recurso a los puros hechos, sino como el resultado de una interacción entre la observación y la teoría, a la luz de la cual se interpreta el dato empírico. Así, por ejemplo, cuando utilizamos instrumentos de medida, no observamos longitudes de onda o intensidades de corriente, sino una serie de señales que adquieren un significado preciso al ser integradas en una explicación teórica. Además no hay que olvidar que toda operación implica también la adopción de ciertos criterios o estipulaciones convencionales.⁸

En este sentido, nos parece acertado destacar, como característica específica de la ciencia experimental contemporánea, la operatividad, que vendría a matizar la noción de positividad, puesto que toma en consideración la intervención no despreciable de ciertos factores no-empíricos en la descripción del modo mediante el cual la ciencia se adhiere a los hechos y se somete al control de la experiencia, poniendo así de relieve el carácter contextual de dicho control.

⁷ Algunas consideraciones sobre la función de la definición operativa en la formación de los conceptos científicos pueden verse en C. G. HEMPEL, *Philosophy of Natural Science*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1966, capítulo VII.

⁸ Un análisis de los aspectos convencionales del método científico y su influencia en los enunciados empíricos puede encontrarse en K. HÜBNER, *Critica della ragione scientifica*, Ed. Franco Angeli, Milano, 1982.

3. *Algunas características de la ciencia que se desprenden de las exigencias del control experimental*

El control experimental adopta, en cada una de las ciencias experimentales y en cada uno de los momentos del método científico, formas diversas. Sin embargo su función determinante en la construcción del objeto científico es común a todas ellas, y permite deducir algunas características que vamos a enumerar brevemente a continuación:

a) Irreductibilidad de la ciencia a su aspecto empírico.

A grandes rasgos, y siguiendo también en este punto a Agazzi,⁹ los términos que podemos encontrar en una teoría dada de una ciencia experimental, son de dos tipos: (A) por una parte los predicados teóricos (*theoretical predicates*), y por otra (B) los operacionales (*operational predicates*).

Los predicados del tipo (B) son los predicados básicos a los que nos hemos referido en el apartado anterior, puesto que son los que determinan el dominio de objetos de la ciencia al establecer operativamente la conexión con los hechos empíricos, mientras que los predicados (A) son introducidos por medio de relaciones lógicas o matemáticas. Tanto unos como otros están condicionados por la aceptación de un cierto número de presupuestos convencionales.

Ahora bien, considerando lo dicho anteriormente, se entiende que esta distinción no debe ser interpretada como si los predicados (A) fueran puramente teóricos y los (B) puramente empíricos. Si consideramos el modo en que se definen los conceptos (B), operativamente, se entiende fácilmente el sentido de esta afirmación.

Los conceptos operativos de las ciencias empíricas son el resultado de una interacción de elementos empíricos, teóricos y convencionales, siendo imposible tanto separar estas componentes, como depreciar la influencia de alguna de ellas considerando relevantes sólo las demás. Por tanto, todos los conceptos que intervienen en una teoría, también los del tipo (B), tienen, junto a su carga teórica (*theory-*

⁹ Vid. E. AGAZZI, "Commensurability, Incommensurability, and Cumulativity in Scientific Knowledge", en *Erkenntnis* 22 (1985), pp. 51-77.

laden), un significado contextual: dependiente del marco de la teoría en el seno de la cual se definen.

Aunque puede parecer, y de hecho así es, que estas consideraciones introducen un factor de dificultad en el análisis del conocimiento científico, es el precio que hay que pagar si deseamos describir, sin simplificaciones, la ciencia real, dando cabida en la misma tanto al aspecto creativo de la actividad científica, como al recurso a la experiencia, y evitando el reduccionismo que supondría una explicación en términos de una mera ordenación o sistematización de datos empíricos.

b) Irreductibilidad a su aspecto lógico.

Lo dicho hasta aquí acerca del peso de la componente teórico-contextual en todos los términos de la ciencia podría interpretarse como la afirmación de un alcance puramente contextual o relativo de las teorías científicas. La presencia del control experimental, sin embargo, impide llegar a esta conclusión. Siguiendo con el análisis de los conceptos del tipo (A) y (B), cabría señalar lo siguiente respecto a su significado: los conceptos del tipo (A) son introducidos en la teoría, como hemos dicho, por medio de relaciones exclusivamente lógicas, matemáticas o convencionales, y su significado puede considerarse como plenamente contextual: dependiente del contexto de la teoría en la que se integran. En cambio, los conceptos (B) están en una situación muy distinta, porque al menos una parte de los mismos está enlazada con la experiencia a través de la definición operativa. Habrá que distinguir en ellos dos "partes": la parte referencial (*referential part*) y la parte que podemos llamar contextual (*contextual part*), que depende de la red de relaciones teóricas, tanto las estrictamente lógicas como las que pueden considerarse estipulaciones convencionales, que la insertan en la teoría de la que forma parte. La distinción entre estas dos partes no es absoluta, sino que depende de cada teoría.

La presencia de esta parte referencial pone en evidencia que, si bien los predicados básicos dependen del contexto teórico, no son reductibles al mismo: existe en ellos una componente que, por su peculiar conexión con los hechos empíricos, es en cierto sentido independiente de la teoría y no contextual. La información proporcionada por la operación está en función, hasta cierto punto, de la clave de lectura de la misma. Pero sólo hasta cierto punto; los datos experimentales tienen su ámbito de validez propio, independiente de las construcciones teóricas. Si es verdad que en la ciencia tiene un peso la creatividad del científico, también lo es que esta creatividad se

mueve dentro de unos grados de libertad que vienen dados, impuestos, por los resultados del control empírico.

c) Alcance y fiabilidad.

Las consideraciones sobre la adopción de la definición operativa como criterio para la construcción del ámbito temático de las ciencias experimentales, permiten advertir también su limitación no sólo como una realidad "fáctica", sino como derivada necesariamente de su misma configuración. Se trata, usando un símil biológico, de una limitación congénita.

Cualquier objetivación implica una consciente limitación de la atención a una esfera de fenómenos, dejando inevitable y voluntariamente otros fuera de nuestra consideración. Al adoptar como criterio de protocolaridad la definición operativa, inmediatamente seleccionamos sólo conceptos susceptibles de ser definidos mediante una serie de operaciones físicas al menos idealmente posibles, y por tanto establecemos con claridad una primera demarcación del espacio dentro del cual se van a mover estas ciencias: será el ámbito de la experiencia.

Es posible precisar todavía más esta primera delimitación, si tenemos en cuenta que hay muchos fenómenos que caen dentro de la esfera de lo que podemos llamar hechos de experiencia y que, sin embargo, no son susceptibles del tipo de control experimental que requieren las ciencias, al no ser posible una separación práctica de variables y de parámetros, si no es a costa de la misma destrucción del hecho que se quiere estudiar. Es lo que ocurre, por ejemplo, en el ámbito de las acciones humanas. Una sonrisa, pongamos por caso, puede tener muchos significados que no es posible codificar en función de una serie de parámetros definibles operativamente; y mucho menos se podrán predecir sus efectos como resultado de la interacción de diversas variables. Podemos afirmar, por consiguiente, que el control experimental ejerce una función selectiva del tipo de realidades y de los aspectos de las mismas que serán susceptibles de consideración desde una perspectiva científico-positiva.

Una consecuencia, que se desprende de esta limitación del ámbito temático, es el tipo de descripciones que van a proporcionar las ciencias: descripciones que no son, ni pretenden ser, una imagen completa de la realidad, sino más bien, en consonancia con sus objetivos, una representación esquemática, consecuente desde el punto de vista lógico, de algunos aspectos de la misma, los aspectos que consientan ser sometidos a esta forma de control.

Por otra parte, hay que tener en cuenta también que la definición operativa no sólo circunscribe el objeto de estudio, sino que, al asignar a los conceptos un "radio de acción" determinado, les confiere una carga significativa muy precisa y hace posible una exactitud y objetividad en los resultados, que sería inalcanzable por otros métodos. Se comprende así que la parcialidad de las ciencias está intrínsecamente unida a su peculiar fiabilidad. Y que en la base de ambas se encuentra el control experimental.

M^a PAU GINEBRA