

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS X JORNADAS

VOLUMEN 6 (2000), Nº 6

Pio García
Sergio H. Menna
Víctor Rodríguez
Editores



ÁREA LÓGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



Observación y realidad

*Alejandro Cassini**

Las ciencias físicas se caracterizaron desde muy temprano por postular la existencia de nuevas especies de entidades no perceptibles por los sentidos humanos, tales como los átomos de los antiguos griegos, el *impetus* medieval, las fuerzas newtonianas (como la gravitación), y más recientemente los campos de fuerzas y las partículas subatómicas. La epistemología tradicional las llamó entidades teóricas o inobservables. Aunque ambas denominaciones me parecen incorrectas, para los fines de la argumentación utilizaré la primera de esas etiquetas. La única justificación para complicar el inventario del mundo con la introducción de entidades teóricas es que éstas permiten explicar fenómenos que no pueden explicarse mediante la apelación a otros fenómenos. Pero ¿cómo podemos saber que las supuestas entidades teóricas existen realmente y no son meras ficciones explicativas? Los filósofos anti-realistas, como ahora lo hace Van Fraassen (1989), han sostenido siempre que existe una brecha entre explicación y realidad, de modo que el éxito explicativo de las hipótesis que involucran entidades teóricas no implica la existencia real de tales entidades. Creo que esta crítica es en lo esencial correcta. Si queremos ser realistas acerca de campos o partículas elementales, debemos encontrar algún criterio que sea suficiente para aceptar como reales a esta clase de entidades. Hace casi cuatro décadas, E. Nagel (1961) discutió sistemáticamente diversos criterios de realidad física, pero la cuestión debe ser revisada a la luz de los desarrollos recientes de la filosofía de la ciencia. El objetivo de este trabajo es discutir algunos criterios posibles y evaluarlos a la luz de la evidencia proporcionada por la historia reciente de la física.

Una respuesta bien conocida al problema de la realidad de las entidades teóricas es el realismo experimental de I. Hacking (1983) y R. Giere (1988). De acuerdo con ella, podemos afirmar la realidad de todas las entidades que somos capaces de manipular experimentalmente, empleándolas como instrumentos para intervenir en el comportamiento de otras especies de entidades o para producir determinados fenómenos. En cambio, cuando dichas entidades son el objeto de nuestra experimentación, el compromiso con su existencia no es necesario. Así, por ejemplo, un experimento diseñado para detectar protones resultantes de la ionización de átomos de hidrógeno no nos fuerza a admitir que los protones son reales. Pero un experimento en el cual los protones se usan como proyectiles para sondear la estructura del núcleo atómico presupone la realidad de los protones.

Ni Hacking ni Giere explican claramente cuál es la diferencia esencial entre estas dos situaciones. Como se ha señalado muchas veces (Franklin 1999), nadie es anti-realista en el laboratorio: Ningún científico tiene dudas razonables de que está acelerando protones para bombardear núcleos; pero tampoco duda que está observando cualquier otra clase de partícula cargada que deje huellas en un detector. Si la tesis de Hacking y Giere se considera como una condición suficiente para la aceptación de la realidad de entidades teóricas, resulta verdadera, pero demasiado restrictiva. Por otra parte, si se la considera como una condición necesaria, es falsa y resulta refutada por numerosos ejemplos de la historia de la

* Conicet-Universidad de Buenos Aires.

física. Ante todo, la existencia real de partículas como el electrón y el protón (que hoy son manipuladas casi rutinariamente en los aceleradores) fue admitida por la comunidad científica mucho antes de que se desarrollaran los medios tecnológicos que permitieran emplearlos como instrumentos para crear fenómenos o interferir con ellos. En 1935 J. Chadwick recibió el premio Nobel por el descubrimiento del neutrón, y para esta época ya se reconocía a éste junto con el electrón y el protón como componentes de los átomos, a pesar de que la tecnología de los aceleradores de partículas apenas estaba comenzando. Es un hecho, además, que los físicos aceptan como reales a muchas especies de partículas elementales, como las tres clases de neutrinos, que sin embargo no podemos manipular como lo hacemos con los electrones y protones. La manipulabilidad experimental, en el sentido de Hacking y Giere, no es el criterio que utilizan los físicos para discernir la realidad de las entidades teóricas.

Quiero considerar ahora otros tres posibles criterios, de los cuales descartaré los dos primeros y defenderé el tercero. Pero antes de examinarlos es preciso hacer dos aclaraciones. La primera es que considero a cada uno de estos criterios como candidatos a establecer condiciones suficientes para postular la realidad de entidades teóricas, pero ello no significa que sean ciertos o infalibles. La afirmación de que existen entidades de tal o cual especie es una hipótesis falible y provisoria como cualquier otra hipótesis científica. La segunda es que la aceptabilidad de la existencia de entidades teóricas es una cuestión de grado. Por consiguiente, cada uno de los tres criterios que examinaré representa una razón de fuerza creciente para creer en la realidad de entidades teóricas. El hecho de que considere que sólo la tercera es suficiente no implica que las dos restantes carezcan de todo valor. Por el contrario, creo que ofrecen razones presuntivas, aunque insuficientes.

El primer criterio, que ya hemos mencionado, afirma que podemos aceptar la existencia de entidades teóricas cuando la existencia de ellas se desprende de una hipótesis introducida por inferencia a la mejor explicación. La mayor parte de las partículas subatómicas se postularon originalmente de esta manera, como la mejor explicación disponible de los fenómenos observados en el laboratorio, por ejemplo, la transferencia de energía en los procesos radiactivos. Hanson (1958) parece haber creído que esta era una razón suficiente para creer en la realidad de esta clase de entidades. Las críticas posteriores dejaron en claro que no es así, y que el éxito explicativo de una hipótesis no nos compromete a aceptar la realidad de las entidades teóricas postuladas por dicha hipótesis; ni siquiera en el caso de que tales entidades se consideren como causalmente responsables de la ocurrencia de los fenómenos observados (como sostuvo Cartwright 1983). Si la existencia de una entidad teórica X se postula como la mejor explicación del fenómeno F, no es posible emplear a F mismo como evidencia de que X es real. Para evitar un círculo vicioso es necesario otras evidencias observacionales independientes de F.

Sin embargo, el éxito explicativo de una hipótesis proporciona al menos razones para creer en la presunta existencia de las correspondientes entidades teóricas. Sobre todo, si esa hipótesis permite unificar la explicación de fenómenos diferentes, es decir, si la existencia de X no sólo explica el fenómeno F, sino también los fenómenos F1, F2, etc., cuya explicación no era el objetivo original de la postulación de X. Por lo general, pero no siempre, una explicación de este tipo proporciona los motivos para iniciar un programa de búsqueda experimental de la supuesta nueva entidad. Un caso ejemplar es el bien conocido descubrimiento del neutrino, postulado teóricamente por W. Pauli en 1931 para explicar la aparente

violación del principio de conservación de la energía en la desintegración Beta (la desintegración radiactiva del neutrón). La comunidad científica no reconoció la existencia del neutrino hasta 1956 cuando C. Cowan y F. Reines lograron detectarlo experimentalmente. Para los anales científicos éste es el año del descubrimiento del neutrino, o sea, el momento a partir del cual se lo admite como una entidad real y no una mera ficción explicativa. La hipótesis de Pauli era sumamente exitosa para explicar el proceso de desintegración Beta, pero no fue suficiente para establecer la existencia del neutrino. Sin evidencia observacional independiente de este proceso radiactivo, el neutrino podría haber corrido la misma suerte que el planeta Vulcano. En la actualidad hay una enorme variedad de partículas elementales, postuladas con fines explicativos, pero nunca observadas, que la comunidad científica no acepta como reales (gravitones, fotinos, gravitinos, gravifotones, etc.). Lo mismo puede decirse de los monopolos magnéticos, las supercuerdas y otras muchas entidades hipotéticas.

El segundo criterio afirma que aceptamos la realidad de ciertas entidades teóricas cuando la existencia de ellas se deduce de una teoría bien confirmada. Hay muchos ejemplos de esta situación en la física actual. Por ejemplo, la teoría de la relatividad general predice la existencia de ondas gravitatorias, que deben producirse cuando un cuerpo masivo cambia de forma o de posición (Will 1993). Estas ondas viajan a la velocidad de la luz y, al igual que las ondas electromagnéticas, transportan energía, de modo que en principio son observables mediante los efectos (las fuerzas) que producen sobre la materia ordinaria. Sin embargo, hasta ahora nunca se ha observado la acción de ondas gravitatorias sobre un cuerpo terrestre, a pesar de que hace décadas que se realizan experimentos destinados a detectarlas. El fracaso se atribuye a la extrema debilidad de esta clase de ondas. La única evidencia observacional procede del llamado púlsar binario, que es un sistema de dos estrellas de neutrones que rotan muy rápidamente y giran en torno al centro de masa común. De acuerdo con la relatividad general, un sistema como éste debe radiar ondas gravitatorias y, por consiguiente debe perder energía. Esa pérdida de energía implica que las dos estrellas experimentan una aceleración y una reducción de su distancia orbital, lo cual se manifiesta, a su vez, en una disminución del período orbital del púlsar. Esta variación del período es muy pequeña, pero se ha podido medir con mucha precisión, y el valor obtenido coincide con las predicciones de la relatividad general, dentro del margen de error observacional.

En general, puede decirse que los científicos confían en la existencia de ondas gravitacionales, aunque reconocen que la evidencia experimental disponible es insuficiente para afirmar de manera categórica que estas ondas son reales. La detección de los efectos de una onda de gravitación sobre un fragmento de materia terrestre, en cambio, sería una evidencia suficiente, porque permitiría medir la amplitud y frecuencia de la onda, y comparar estos valores con las predicciones de la relatividad general. La creencia en que estas ondas existen proviene en buena medida del hecho de que la relatividad general es una teoría bien confirmada por evidencias completamente independientes de las ondas de gravitación. En general, cuanto mejor confirmada esté una teoría, más confianza tenemos en la corrección de sus predicciones no verificadas. Pero ésta es una proyección inductiva que, como sabemos, no proporciona ninguna certeza. Por esta razón, el hecho de que una teoría bien confirmada prediga la existencia de una clase nueva de entidades, no es por sí mismo suficiente para aceptarla como real. Por el contrario, en estos casos casi siempre se pone en marcha un programa de búsqueda experimental para obtener evidencia observacional sobre tal entidad.

El fracaso reiterado en hallarla, cuando las condiciones iniciales y experimentales se consideran confiables, cuenta a la larga como un fracaso de la teoría que hizo la predicción.

El tercer criterio sostiene que podemos afirmar la existencia de un nuevo tipo de entidad sólo cuando ésta ha sido observada. Esta es la posición que quiero defender, como ya se habrá advertido. Una forma más precisa de enunciarla es ésta: Estamos en condiciones de sostener que una clase de entidades teóricas es real cuando disponemos de evidencia observacional suficiente para creer que ella existe. Hay que hacer dos aclaraciones fundamentales para comprender esta afirmación. La primera es que la observabilidad de que se habla aquí debe entenderse en un sentido muy amplio (el que usan, por ejemplo, los físicos de partículas), el cual no se limita a la percepción sensorial. Yo prefiero caracterizarlo en términos de observación diciendo que una entidad (evento o propiedad) es observable si es posible recibir información confiable proveniente de ella. Desde este punto de vista sólo son inobservables las entidades de las que en principio es imposible recibir información, como, por ejemplo, los objetos celestes que están más allá del horizonte cosmológico (el horizonte de las partículas).

La segunda aclaración es que hablo de evidencia observacional suficiente, y no de simple observación, con el objetivo explícito de evitar las analogías entre la observación científica y la percepción sensorial. Observar una partícula elemental es una cosa muy diferente de ver una mesa. La observación de una nueva especie de partícula es un proceso que puede durar varios y está mediado por numerosos instrumentos. Involucra, entre otras cosas, la detección de miles (o millones) de eventos microscópicos en los que la partícula en cuestión está involucrada, la amplificación de tales eventos, el análisis de éstos y su comparación con las expectativas teóricas. Desde el punto de vista informacional esto quiere decir: recibir información proveniente de esa clase de partículas, transducir esta información a una forma accesible a nuestros sentidos, y finalmente interpretarla como información proveniente de esa y no de otras fuentes. Una gran parte de este proceso, el de la recepción y procesamiento de la información, se realiza de manera automática mediante instrumentos dirigidos por computadora. Pero el último paso, la interpretación de la salida de esta extensa cadena informacional, involucra siempre la percepción de un sujeto consciente, que sólo interviene al final del proceso.

Decimos que tenemos evidencia observacional suficiente acerca de una clase de entidades cuando el análisis de la información disponible nos permite afirmar que dicha información tiene como fuente a esa clase de entidad. En el caso de una partícula de tipo X, la información debe ser suficiente como para identificar a X como fuente y, a la vez, excluir a cualquier otra posible fuente de la información recibida. Ello significa que se debe reunir información acerca de todas las propiedades que tomadas en su conjunto resulten suficientes para identificar a esa clase de partícula. Esto incluye generalmente información acerca de la masa, la carga eléctrica y el *spin* de la partícula, aunque no necesariamente acerca de todas a la vez. No se puede determinar *a priori* la cantidad ni la calidad de la información que proporciona una evidencia observacional suficiente. Esto depende del contexto teórico, de la situación experimental y del juicio de los especialistas que evalúan los resultados obtenidos.

Es bastante frecuente que una entidad teórica atraviese por estas tres etapas: primero, la hipótesis existencial que la postula se introduce por inferencia a la mejor explicación como parte de una teoría que permite dar cuenta de ciertos fenómenos inexplicados; luego esa

teoría adquiere confirmación experimental independiente de tales fenómenos, y finalmente, se encuentra evidencia observacional específica acerca de las nuevas entidades teóricas. El descubrimiento reciente del quark T (*top*) es un ejemplo perfecto de este proceso. La existencia de los quarks se postuló entre 1963 y 1964 con el fin de explicar la enorme proliferación de partículas subatómicas encontradas mediante los nuevos aceleradores (Ne'eman y Kirsh 1996). Se supuso que los hadrones (bariones y mesones) no eran partículas elementales sino compuestos de tres quarks o de un quark y un antiquark, respectivamente. En ese momento los quarks eran el producto teórico de una inferencia a la mejor explicación y nadie afirmaba su existencia real. Eran parte de un modelo útil que bien podía concebirse como una ficción explicativa. Los fenómenos subatómicos descubiertos desde entonces obligaron a suponer la existencia de 6 tipos de quarks, divididos en 3 familias de 2 cada una. Durante la década de 1970 se acumuló evidencia experimental en abundancia sobre la teoría del quark. Las observaciones realizadas en los aceleradores permitían afirmar que se habían detectado 5 tipos de quarks, pero no se tenía ninguna evidencia acerca del sexto, el quark T. Hacia fines de 1978 la teoría del quark se consideraba bien confirmada experimentalmente, pero el quark T permanecía sin observar, como una simple predicción de la teoría.

La comunidad de los físicos de partículas consideraba como muy plausible la existencia del quark T porque ésta se deducía de una teoría bien confirmada. Sin embargo, nadie en ese entonces lo afirmaba de manera categórica. Por el contrario, se puso en marcha un vasto programa de búsqueda experimental que tenía como fin obtener evidencia observacional específica sobre ese quark. Este fue un proceso fascinante, pero ahora no puedo exponerlo en sus detalles. La búsqueda demandó un total de 17 años, de los cuales los primeros 14 resultaron un fracaso. La recolección de información positiva sobre el quark T, desde el momento en que se registraron los primeros datos favorables, tardó casi 3 años. Finalmente, cuando la evidencia observacional se consideró suficiente, se anunció el descubrimiento del nuevo quark en Marzo de 1995. Así se completó el llamado *modelo standard* en física de partículas elementales. Actualmente, la comunidad científica no tiene dudas acerca de la existencia de los quarks porque reconoce que hay evidencias observacionales independientes para cada tipo de quark.

En suma, la posesión de información proveniente de una entidad, información suficiente como para identificarla más allá de toda duda razonable, cuenta como observación de esa entidad. A esto es lo que he llamado evidencia observacional suficiente. Cuando tenemos esta clase de evidencia acerca de una especie de entidades teóricas, podemos afirmar que éstas son reales y existen por sí mismas. Por supuesto, este es siempre un juicio falible. Puede ocurrir que la supuesta evidencia sea en realidad insuficiente o erróneamente interpretada. En ese caso, deberíamos decir que creímos observar una entidad de cierto tipo, pero no lo hicimos realmente. En consecuencia, también deberíamos suspender el juicio acerca de esa clase de entidades. Este es un riesgo inevitable, pero no tenemos nada mejor que este criterio observacional. Las explicaciones exitosas y las predicciones derivadas de teorías bien confirmadas nunca son suficientes para aceptar la existencia de entidades teóricas. Por más éxito explicativo que tenga una hipótesis que postula una clase de entidades teóricas, y por más bien confirmada que esté una teoría que predice la existencia de esa clase de entidades, siempre es posible adoptar una actitud instrumentalista acerca de esas hipótesis y teorías, y considerar que las entidades teóricas postuladas o predichas son meras

ficciones explicativas. Esta actitud, en cambio, no es razonable cuando estamos en condiciones de establecer que hemos observado tales entidades. La historia de la ciencia, como he tratado de mostrar con unos pocos ejemplos, confirma muy bien esta idea.

Por cierto, la observación de una entidad como una partícula elemental se realiza sobre la base de un conjunto amplio de hipótesis teóricas previamente aceptadas. Se puede concebir a esa observación como el resultado de una inferencia a la mejor explicación: la afirmación de que se ha observado una partícula de tipo X es la mejor explicación de los fenómenos observados sobre la base del conocimiento disponible (Brown, 1987; Kosso, 1989). Sin embargo, este hecho no entraña necesariamente alguna suerte de circularidad viciosa. El conocimiento con base en el cual se realiza la inferencia debe estar formado por hipótesis bien confirmadas por evidencias independientes, y no puede contener a la hipótesis existencial que introduce a la partícula X, ni a ninguna otra hipótesis que la implique. Si se dan estas condiciones, la observación de la entidad X es confiable y nos permite, de manera provisional, afirmar que X existe.

Bibliografía

- BROWN, H.I. (1987), *Observation and Objectivity*, New York-Oxford. Oxford University Press.
- CARTWRIGHT, N. (1983), *How the Laws of Physics Lie*, Oxford. Clarendon Press.
- FRANKLIN, A. (1999), *Can that be Right? Essays on Experiment, Evidence and Science*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- GIERE, R. (1988), *Explaining Science: A Cognitive Approach*, Chicago. University of Chicago Press.
- HACKING, I. (1983), *Representing and Intervening*, Cambridge: Cambridge University Press.
- HANSON, N.R., (1958), *Patterns of Discovery*, Cambridge: Cambridge University Press.
- KOSSO, P. (1989), *Observability and Observation in Physical Science*, Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers.
- NAGEL, E. (1961), *The Structure of Science*, New York: Harcourt, Brace & World.
- NE'EMAN, Y. y Y KIRSH (1996), *The Particle Hunters*, Cambridge: Cambridge University Press, 2nd. ed.
- VAN FRAASSEN, B. C. (1989), *Laws and Symmetry*, Oxford, Clarendon Press.
- WILL, C.M. (1993), *Was Einstein Right? Putting General Relativity to the Test*, New York: Basic Books, 2nd ed.