

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XIV JORNADAS

VOLUMEN 10 (2004), Nº10

Pío García  
Patricia Morey  
Editores



ÁREA LOGICO-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



## Una incursión de Guido Beck en la Filosofía de la Ciencia

Carlos D. Galles\*

En 1945, el profesor Guido Beck ocupaba un humilde puesto de astrónomo de Tercera en el Observatorio de Córdoba; esta baja posición en el escalafón ministerial podría hacer pensar que su importancia en la cultura científica argentina no era demasiado grande, pero tal juicio sería por completo erróneo. Llegado al país solo dos años atrás, Beck había logrado reunir a su alrededor un grupo de jóvenes entusiastas, a los cuales iniciaba en las reuniones del Núcleo de Física en los misterios de la Física contemporánea, y los frutos de la labor de investigación no habían tardado en surgir. El propio Beck continuaba con sus trabajos de investigación, especialmente sobre la temática de la Física Nuclear<sup>1</sup>.

Entre las publicaciones que Beck hace en aquellos años llama la atención un artículo publicado en 1945 en la revista americana *Philosophy of Science*, en el cual discute la relación entre el formalismo matemático de una teoría y la imagen física que ella brinda. A nuestro entender se trata del único artículo que Beck haya publicado en su vida en una revista filosófica; por otra parte debe destacarse que esta revista, si bien llevaba sólo algo más de una década de existencia ya contaba con una alta reputación como puede verse por los nombres de los autores que en ella publicaban<sup>2</sup>.

El artículo está dirigido a estudiar los motivos que forzaron en la teoría cuántica a hacer una clara distinción entre el formalismo matemático de una teoría y la imagen física con la cual representa un dominio de fenómenos físicos. Para Beck el formalismo y la imagen son independientes el uno de la otra ya que no basta que el formalismo se adecue a los datos de la experiencia para que la imagen asociada sea correcta. Pueden ser ambos falsos, ambos verdaderos o uno de una clase y el otro de otra.

Beck introduce lo que llama *elemento de estilo*, por analogía con el estilo de una obra de arte, el cual diferencia entre dos teorías con el mismo formalismo pero con diferentes imágenes. Lo ejemplifica con el caso de la Termodinámica clásica y la Mecánica Estadística. Más adelante, en lo que es claramente una hipótesis, relaciona esos elementos de estilo con las constantes que pueda tener la teoría. Así la teoría de Maxwell está caracterizada por la velocidad de la luz, la teoría de Dirac por la constante de Planck, la masa y la carga del electrón. Cuando los elementos de estilo son dos o más se pueden formar con ellos combinaciones lineales que nos darían diferentes imágenes para un mismo formalismo matemático.

Aquí ya creemos necesario instalar una primera objeción. ¿Para qué plantear estos elementos de estilo si terminan siendo equiparados a las conocidas constantes de las fórmulas físicas? Un ligero análisis inspirado en la navaja de Occam bastaría para no aventurarse en el nuevo concepto.

\* FCEIA, Universidad Nacional de Rosario. [galles@fceia.unr.edu.ar](mailto:galles@fceia.unr.edu.ar)  
*Epistemología e Historia de la Ciencia*, Volumen 10 (2004), N° 10

Ahora bien, prosiguiendo con el texto de Beck, a veces los elementos de estilo pueden estar relacionados entre sí por funciones, vale decir no ser independientes los unos de los otros. En Física, son necesarios tres elementos de estilo para representar los fenómenos, pues las magnitudes inherentes a estos pueden siempre expresarse en longitudes, tiempos y masas. Cuando la pintura y el formalismo tienen el mínimo de elementos de estilo son llamados *de puro estilo*. Beck permanece confiado en que las dimensiones necesarias para determinar una pintura son tres y no más, lo cual está abierto a discrepancias. En la mecánica clásica no cabe duda que con sólo definir las unidades para las longitudes, las masas y el tiempo se puede lograr obtener las restantes que se vayan forjando al ir desarrollando la teoría, por ejemplo: energía, impulso angular, trabajo, etc.

Beck, finalmente, considera las constantes masa del electrón, carga del electrón, de Planck, y velocidad de la luz en el vacío. Como las tres últimas están relacionadas por medio de la constante de estructura fina se hace necesario escoger solo tres de las cuatro disponibles. Estas opciones son denominadas por Beck de la siguiente forma.

P(m,c,h) Pintura verdadera, denegada por no estar relacionada directamente con la electricidad. Según Beck es la pintura de ondas.

P(m,e,h) Pintura verdadera que carece de un límite de velocidades. La teoría de la relatividad dependería de los fenómenos cuánticos, lo cual exigiría cambios en nuestra manera de hablar, pensar e imaginar.

P(m,e,c) Esta pintura, denominada de Einstein, no incluye los fenómenos cuánticos. Según Beck es la pintura de partículas.

La última, la de Einstein, es la favorecida por Beck. Señala que es de puro estilo, (como si las anteriores no lo fueran) y que sus elementos son predeterminados. Además, sus tres elementos son simbolizados por experimentos íconos en la historia de la Física: la célebre manzana de Newton, los experimentos de Faraday y la señal de luz de Einstein. Cabe objetar aquí que también la constante G serviría para el primer símbolo. Pero la de Einstein permite mantener el lenguaje de la física anterior al cuanto, aunque mediante la introducción de nuevas hipótesis.

Una dificultad en el artículo de Beck radica en que no posee referencias bibliográficas de ningún tipo. Es importante entonces tratar de localizar cuál puede haber sido la genealogía de sus ideas.

En primer lugar cabe señalar que algunas de estas ideas ya habían sido formuladas por Beck en una obra publicada en su breve estadía en Portugal titulada *Introduction à la théorie des quanta* [Coimbra, 1942], la cual fue criticada, especialmente por la reducción a sólo tres de las magnitudes fundamentales, por el físico español Julio Palacios en *Analyse Dimensionnelle* [Gauthier-Villars. Paris 1960].

Recordemos que la utilización de la idea de pintura venía al menos desde los tiempos de Hertz quien en la Introducción a su *Mecánica* enuncia los elementos de su propia epistemología. La física nos permite la anticipación de eventos futuros, para lo cual nos basamos en la observación de eventos anteriores. El proceso que se sigue es el siguiente: formamos representaciones mentales o símbolos de los objetos externos, dándoles una forma tal que las consecuencias necesarias, en

nuestro pensamiento, de nuestras representaciones son siempre las representaciones de las consecuencias necesarias de los objetos de la naturaleza representados por nuestras representaciones. Para ello debe haber una necesaria conformidad entre nuestros pensamientos y la naturaleza. Esto se comprueba con la experiencia. Nuestras representaciones son los modelos de las cosas aptos a sólo ese propósito, no se pretende que los modelos estén en conformidad con las cosas en sí de una manera absoluta<sup>3</sup>.

Pero las representaciones no están determinadas sin ambigüedades. Pueden ser posibles diferentes representaciones de un mismo objeto de estudio, las seleccionamos en función de su simpleza y de su utilidad. Deben ser respetuosas de los procedimientos lógicos, adecuarse a la experiencia y tener además la virtud de la claridad explicativa. "Una imagen puede ser más adecuada para un propósito, otra para otro", escribe Hertz. Es el caso que se dio, andando el tiempo, justamente con los dos tan mentados esquemas de la Mecánica Cuántica.

En el caso de la Mecánica Clásica tenemos primeramente los conceptos de fuerza, espacio, tiempo y masa, unidos por las leyes de Newton. De esta forma tenemos una imagen de los movimientos naturales de los cuerpos materiales. Otra estaría dada por las transformaciones energéticas, como se hace en Termodinámica desde mediados del siglo XIX. Las ideas fundamentales, independientes entre sí, son la masa, el espacio, el tiempo y la energía. Se necesitan experiencias concretas que las definan, como luego pediría Bridgman. Un tercer conjunto comienza con sólo tres conceptos independientes: la masa, el espacio y el tiempo; tal cual hizo Kirchoff en su *Textbook of Mechanics*.

A continuación describiremos las ideas de otros científicos sobre el rol de las constantes en las teorías físicas, nuestra intención es dar de esta forma un marco de referencias para ayudar la comprensión y la crítica del artículo de Beck.

Recordemos que en Mayo de 1899, tras definir la entropía del resonador, Planck ya había determinado el valor de la que luego sería la famosa constante que lleva su nombre. Fue entonces cuando sugirió que su nueva constante  $h$  (séanos permitido por claridad utilizar la nomenclatura usual dispensándonos el anacronismo), unida a la velocidad de la luz  $c$  y a la constante de gravitación universal  $G$ , sugerían la existencia de un "sistema natural de unidades de medida" aptas para "retener su significación para todos los tiempo y todas las culturas, aún extraterrestres y extrahumanas":

$$\text{Longitud: } [hG/c^3]^{1/2} \quad 10^{-23} \text{ cm}$$

$$\text{Masa: } [hc/G]^{1/2} \quad 10^{-5} \text{ g}$$

$$\text{Tiempo: } [hG/c^5]^{1/2} \quad 10^{-43} \text{ seg}$$

De esta forma Planck satisfacía plenamente su anhelo de absoluto y exhibía nuestra capacidad para interpretar y leer en el mundo objetivo. Nótese además la confianza de Planck en su recientemente hallada constante, a la cual pone en pie de igualdad con  $G$  y  $c$ , constantes ya tradicionales y cargadas de prosapia. Este proyecto de Planck no fue comprendido en su época: la dificultad de vincular el diámetro del átomo con algo tan minúsculo como  $10^{-23}$  cm impidió que estas ideas fueran comprendidas aún por alguien de especial olfato físico como Heisenberg.

Recién hacia 1957 las unidades naturales volvieron a la consideración de los físicos y son moneda corriente hoy en día<sup>4</sup>.

Beck al escribir su artículo estaba muy posiblemente influenciado por las palabras de Werner Heisenberg en su famoso libro introductorio a la teoría cuántica:

The list of modifications and limitations of our ideal world - which now contains those required by the relativity theory (for which  $c$  is characteristic) and the uncertainty relations (symbolized by Planck constant  $h$ ) - will be extended by others which correspond to  $e$ ,  $\mu$ ,  $M$ . But the character of these is as yet not to be anticipated.<sup>5</sup>

Los dos últimos signos representan la masa del electrón y la del protón respectivamente. La constante  $G$  de gravitación universal no aparece en la lista. Por esta época, 1929, las dimensiones fundamentales de Planck estaban en una suerte de ostracismo del cual sólo saldrían a mediados de la década del 50. Recordemos además que Heisenberg en el prólogo de ese libro agradece a Beck la lectura crítica del manuscrito.

Albert Einstein brindó sus ideas sobre el papel de las constantes. En su correspondencia se encuentra la siguiente afirmación<sup>6</sup>:

En una teoría razonable no hay números adimensionales cuyos valores sólo puedan determinarse empíricamente. Por supuesto que no puedo probar que ... en las leyes de la naturaleza no puedan existir constantes adimensionales que, desde un punto de vista puramente lógico, pudieran haber tenido otros valores. Para mí en mi "Gottvertrauen" [fe en Dios] esto parece evidente, pero pueden ser pocos los que compartan la opinión.

Posteriormente, en sus notas autobiográficas<sup>7</sup>, Einstein se expresa de la siguiente forma:

No existen las constantes arbitrarias.

Vale decir que:

La naturaleza está hecha de tal forma que es posible formular leyes definidas con tanta precisión que, internamente a estas leyes, sólo intervienen constantes totalmente definidas de forma racional (y no constantes que podrían cambiar de valor numérico sin necesariamente destruir la teoría).

El físico y epistemólogo francés Jean-Marc Levy Leblond, presenta algunas consideraciones de interés para nuestra intención. La constante de estructura fina puede considerarse en su límite para Planck tendiendo a cero junto con la velocidad de la luz tendiendo a infinito, con lo cual se encontraría una electrodinámica no cuántica, es decir clásica, y galileana. Distingue por otra parte entre tres suertes de constantes de acuerdo a su status histórico: las modernas que aún juegan un rol conceptual, las históricas que se desempeñan como factores de conversión y las arcaicas que han sido asimiladas hasta ser completamente invisibles<sup>8</sup>.

Es este un muy interesante análisis que nos sugiere como ubicar en su momento histórico al artículo de Beck. En todos los casos considerados en su artículo se considera entre las unidades fundamentales la masa del electrón, lo que resultaba plausible en 1945 pues recordemos que aún no había sobrevenido el aluvión de partículas descubiertas en los rayos cósmicos y en las mediciones con grandes

aceleradores. La masa y la carga del electrón son constantes específicas, dependen del cuerpo considerado, otras constantes son por el contrario *universales*, no dependen del cuerpo considerado, y relacionan magnitudes inseparables, como sucede con la velocidad de la luz en la célebre fórmula de Einstein que relaciona la energía de un cuerpo con su masa. En este sentido la elección de Planck era indudablemente superior a la de Beck?

Finalmente nos permitiremos, con la anuencia del lector, hacer una pequeña incursión filosófica. Comenzaremos con Don Ferrater Mora, quien en su *Diccionario*<sup>10</sup>, nos indica que Kant usó el término alemán *Vorstellung*, muchas veces como actos de la experiencia, de carácter mental, subjetivo, y otras como algo público. En cambio la palabra *Darstellung*, que como la anterior es costumbre traducir al castellano con el vocablo "representación" tiene un sentido más epistemológico, análogo a modelo, cuadro, plan, esquema, etc., y es la usada por Hertz y Wittgenstein queriendo indicar una representación objetiva. En realidad Hertz usa la palabra *Scheinbilder* (literalmente "pinturas de imitación") solo una vez al principio de su Introducción y luego utiliza el término *Bilder* en un sentido epistemológico kantiano. Con esto quiere decir "modelos de la objetos reales deliberadamente construidos con el propósito de ser usados en una representación matemática de la realidad".

Ludwig Wittgenstein, en su *Tractatus*<sup>11</sup>, está claramente influenciado por las ideas de Hertz, arraizadas en la tradición epistemológica de la ciencia del siglo XIX. Veamos una selección de sus famosos aforismos, en la cual indicamos la numeración original de los mismos.

2.1 Nos hacemos figuras de los hechos.

2.12 La figura es un modelo de la realidad.

2.13 A los objetos corresponden en la figura los elementos de la misma.

2.21 La figura concuerda o no con la realidad; es correcta o incorrecta, verdadera o falsa.

2.223 Para reconocer si la figura es verdadera o falsa, tenemos que compararla con la realidad.

La figura lógica de los hechos es el pensamiento.

4.04 En la proposición tiene que poder distinguirse exactamente lo mismo que en el estado de cosas que representa.

Ambos deben poseer igual multiplicidad lógica (matemática) (Cfr. la Mecánica de Hertz sobre modelos mecánicos).

4.03 La proposición sólo dice algo en la medida en que es una figura [Bild].

4.01 La proposición es una figura de la realidad. La proposición es un modelo de la realidad tal como nos lo pensamos.

4.0312 La posibilidad de la proposición descansa sobre el principio de la representación de objetos por medio de signos

6.343 La mecánica es un intento de construir de acuerdo con un plan todas las proposiciones verdaderas que necesitamos para la descripción del mundo.

6.361 En el modo de expresión de Hertz cabría decir: sólo son pensables conexiones legaliformes.

Vale decir que el artículo de Beck se inserta en una corriente epistemológica claramente identificada, la de la escuela de científicos alemanes de finales del siglo XIX, en especial físicos, que tuvieron como líder a Ernst Mach y que intentaron vaciar la mecánica newtoniana de todo contenido metafísico. Hertz tuvo dentro de esta corriente un aporte limitado en extensión pero de alto contenido para la filosofía de la ciencia, en cierta forma diferente al de Mach, y que luego se extiende logrando con Wittgenstein una importante incidencia en la filosofía del siglo XX<sup>12</sup>. No es entonces el de Beck de ninguna manera un texto sorprendente y novedoso como el lector desprevenido (y confesamos que tal fue la primera impresión de quien escribe), más aún si es proveniente del ámbito de las ciencias físicas, pudiera pensar.

Recordemos también que Henri Bergson<sup>13</sup> adhiere a esta versión del procedimiento por imágenes de la ciencia, lo llama en forma sardónica "el mecanismo cinematográfico del pensamiento", al cual relaciona con "la ilusión mecanicista". Una paradoja que en el movimiento se remonta a Zenón, la proposición absurda que el movimiento esté constituido de inmovilidades; y así como el movimiento, las cualidades, las formas, las posiciones o las intenciones. Pero Bergson está de acuerdo con que esta manera de actuar, representando por imágenes sucesivas el devenir de la realidad, es esencialmente práctica y permite prever para luego actuar en consecuencia, pero en su opinión no nos proporciona el concepto de la realidad.

Otro físico que dedicó un tiempo a sus intereses epistemológicos fue Ludwig Boltzmann<sup>14</sup>. Por razones de espacio no podemos referirnos a la importante contribución a la filosofía de la ciencia del genial creador de la Mecánica Estadística remitiendo al lector a la obra indicada en este párrafo.

Resta agregar algunas consideraciones, en parte a manera de conjeturas, sobre las posibles motivaciones de Beck al enviar su artículo. En primer lugar no debemos olvidar un aspecto juguetón de su personalidad, y baste para ello recordar la célebre broma científica publicada en una importante revista alemana en 1931, con otros dos colegas, donde se vinculaba la constante de estructura fina con la temperatura del cero absoluto expresada en grados centígrados. ¿Sería posible que Beck tuviese, en el artículo que comentamos, la intención de hacer un "caso Sokal" en aquellos tiempos? Lo dudamos mucho pues no creemos que en tal caso hubiese involucrado en el asunto al severo director del Observatorio de Córdoba, el Dr. Enrique Gaviola, a quien agradece su interés en el trabajo en la única nota que tiene el artículo. Como dato histórico que creemos de interés agregamos que Gaviola tenía en Córdoba la colección completa de la revista *Philosophy of Science*, a la cual estaba suscripto<sup>15</sup>; por otra parte había publicado un artículo en uno de los primeros números de la revista. Como hemos visto Beck había meditado sobre estas cuestiones al menos desde unos años atrás, nos atrevemos a conjeturar que quizás tuvo alguna relación con su decisión de incursionar en el terreno filosófico la especial relación, no exenta de divergencias, que mantuvo con su discípulo Mario Bunge a la que nos hemos referido en escritos anteriores<sup>16</sup>.

**Nota.** luego de ser presentada esta comunicación en las XIV Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia, en Septiembre de 2003, Augusto Passos Videira tuvo la gentileza de enviarme un reciente artículo suyo donde aborda una temática relacionada con la que hemos tratado, el cual es de lectura sumamente recomendada<sup>17</sup>. También deseo manifestar mi agradecimiento al desconocido árbitro de este manuscrito cuyas críticas y comentarios hemos tratado de asimilar tanto personalmente como en lo escrito.

## Notas

- 1 Sobre la trayectoria de Guido Beck se puede consultar, entre otras referencias, la siguiente bibliografía. Carlos D. Galles, "La primera estadía del Profesor Guido Beck en la Argentina", *Actas de las Segundas Jornadas de Historia del Pensamiento Científico Argentino*, Buenos Aires (1984). "Guido Beck: Transições e ideais de um físico sem fronteiras", CD hecho por un equipo bajo la coordinación de Amós Tropol y al cuidado de Augusto Passos Videira, mayores informaciones en <http://www.cbpf.br/beck>.
- 2 Guido Beck, "Mathematical formalism and the physical picture", *Philosophy of Science*, 12, Pág. 174 (1945).
- 3 [Nos basamos en el Paper N° 16, "Heinrich Hertz's Introduction to His Principles of Mechanics", de la obra Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894). *A Collection of Articles and Addresses*, Edited by Joseph F. Mulligan (Garland Publishing, 1994).
- 4 Ver G. Gorelik, "How Planck Discovered Quantum Gravity Scale", en la obra colectiva *The emergence of Modern Physics*, 1995. El artículo original es el siguiente: M. Planck, "Ueber irreversible Strahlungsvorgänge. Fünfte Mitteilung", *Koeniglich Preuss. Akad. Der Wissenschaften (Berlin)*, *Sitzungsberichte*, S.440-480 (1899).
- 5 Werner Heisenberg, *The physical principles of the Quantum Theory*, pág. 104, edición de Dover.
- 6 Tomamos del libro de Abraham Pais, *El Señor es sutil. La ciencia y la vida de Albert Einstein*, Ariel métodos (1984), Pág. 48. Pais se basa en la siguiente referencia: Cartas a I. Rosenthal-Schneider, 13 de Octubre de 1945 y 24 de Marzo de 1950, las cuales aparecen en la obra de I. Rosenthal-Schneider, *Reality and Scientific Truth*, Wayne State University Press (1980).
- 7 Albert Einstein, "Autobiographical Notes", en P.A. Schilpp (editor), *Albert Einstein, philosopher and scientist, The Library of Living Philosophers*, Open Court (1949)].
- 8 Jean-Marc Lévy Leblond, "On the conceptual nature of the physical constants", *Cahiers Fundamenta Scientiae*, N° 65 (1976), Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- 9 El lector interesado en el análisis dimensional puede consultar las siguientes obras que le brindarán un panorama de las ideas de mitad de siglo sobre el tema. C.M. Focken, *Dimensional Methods and their Applications*, Edward Arnold, London 1953. P.W. Bridgman, *Dimensional Analysis*, Yale University Press, 1931.
- 10 José Ferrater Mora, *Diccionario de Filosofía*, Ariel 2001.
- 11 Ludwig Wittgenstein, *Tractatus Lógico-Philosophicus*, Altaya, 1994.
- 12 Se recomienda, para comprender esta fase de la historia de la filosofía de la ciencia, acudir a la siguiente página de Internet: "Allan Janik, Wittgenstein, Hertz and Hermeneutics" (*The Brenner Archives*, University of Innsbruck), [www.ria.ie/committees/pdfs/wit%201999.PDF](http://www.ria.ie/committees/pdfs/wit%201999.PDF)
- 13 Henri Bergson *L'evolution créatrice*, Presses Universitaires de France, 1959, Capítulo IV
- 14 Arthur I. Miller, *Imagery in Scientific Thought*, pág. 82 y siguientes.
- 15 La colección fue cedida tiempo después por Gaviola al Dr. Mario Bunge. El autor de este artículo agradece al Prof. Bunge esta y otras informaciones brindadas en intercambio epistolar.
- 16 Carlos D. Galles, "La Minerva de Mario Bunge", *Saber y Tiempo, Revista de Historia de la Ciencia*, 2, No. 2, pag 165 (1996). Carlos D. Galles, "La formación de un físico: Mario Bunge circa 1945", Ponencia presentada en el simposio *Comparative Studies in the Rise of Research in Modern Physics in Latin America and the Pacific Rim Countries* (XXI International Congress of History of Science), México D.F., 8 al 14 de Julio de 2001, a ser publicada en actas.
- 17 Antonio Augusto Passos Videira, "Guido Beck e a Teoria Física", publicación del Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Ciência e Sociedade, CBPF-CS-004/03, Junho 2003.