

Guzmán, Ricardo

¿Existen los electrones?

Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia, vol. VI, núm. 12-13, 2005, pp. 143-154

Universidad El Bosque

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=41401306>



Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia

ISSN (Versión impresa): 0124-4620

filciencia@unbosque.edu.co

Universidad El Bosque

Colombia

[¿Cómo citar?](#)

[Número completo](#)

[Más información del artículo](#)

[Página de la revista](#)

¿EXISTEN LOS ELECTRONES?

Ricardo Guzmán*

“... la realidad no se agota en nuestro comercio lingüístico o teórico. El papel de la realidad no puede ser, en definitiva, insignificante. El discurso deslegitimador postmoderno legaliza el caos, donde todo se mezcla y se confunde. Resulta, en último término, incompatible con la racionalidad.”

(Eugenio Moya, 1998, p. 264)

RESUMEN

Estudios históricos recientes han puesto en duda las versiones populares y simplificadas en torno al “descubrimiento” del electrón. La información aportada por estos estudios incluye factores que tienen elementos de carácter social. En el presente trabajo se plantean algunas de estas ideas y se argumenta en razón de que, si bien estos factores son cruciales para entender el desarrollo de las teorías del electrón, se debe tener cuidado en no caer en posiciones demasiado radicales sobre el carácter social que tiene la construcción de los conceptos científicos.

Palabras clave: Realismo, construcción social, descubrimiento.

ABSTRACT

Recent historical studies have generated doubts about popular and simplified versions regarding the “discovery” of the electron. Contributions made by these studies include factors of social character. In this article some of these ideas are developed and some arguments are presented to show that, even when these factors are crucial to understand the development of electron theories, one must exercise caution not to reach too radical positions regarding the social character in the construction of scientific concepts.

Key words: Realism, social construction, discovery.

* Profesor ITESM (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey), México
rguzman@itesm.mx

REALISTAS Y CONSTRUCCIONISTAS

Antes de desarrollar algunos elementos de la historia del electrón, nos referiremos brevemente, a manera de marco conceptual, al conflicto entre realistas y construccionistas. Ian Hacking ha profundizado sobre este tema¹. Al referirse a las diferentes tesis sobre construcción social² se pregunta si tiene algún sentido hablar sobre construcciones sociales en relación con las ciencias naturales. Es perfectamente imaginable, nos dice Hacking, que la descripción de la conducta de los primates refleje las sociedades de los científicos que los estudian, pero ¿tiene sentido hablar de que los resultados de la física, la química y la biología molecular son constructos sociales? ¿reflejaría una teoría física la sociedad de los científicos que la crearon?

Hay un punto en el que no hay conflicto entre ambas posiciones, realista y construccionista, sobre todo si queremos entender que los dos bandos hablan de cosas diferentes. Los realistas –y los científicos normalmente lo son– se refieren a la ciencia en el sentido de los productos de la misma, es decir, las teorías, leyes y demás, que expresarían verdades universales. Por otro lado, los construccionistas se refieren a la ciencia en el sentido de la actividad científica, la cual obviamente es social en su expresión más elemental del término, bajo el entendido de que alguna interacción y comunicación tiene que existir entre los científicos. Desde este punto de vista se concilian las dos posiciones. Pero esto es una trivialidad.

Sin embargo, algunos autores, como por ejemplo Latour y Woolgar³ hablan de “la construcción social de los hechos científicos”. Estos autores parecen no hacer distinción entre hecho y teoría. Atendiendo al título del presente ensayo, ellos dirían que los electrones son una construcción social en tanto que un no-constructivista diría que fueron “descubiertos”⁴ por tal o cual científico.

¹ Véase Hacking (2001), especialmente el capítulo 5.

² Han sido particularmente notorias las ideas del “programa fuerte” y los estudios de Bruno Latour.

³ Ver Latour & Woolgar (1986). También se puede consultar Latour (1992).

⁴ Más adelante se hablará más sobre el significado de “descubrir” en ciencia.

En este sentido Hacking hace un análisis en el que distingue 3 puntos verdaderamente conflictivos, diferencias irresolubles, entre realistas y construccionistas: el de la contingencia, el del nominalismo y el de la estabilidad. Nos referiremos aquí, por ser más permitentes para nuestro tema, al primero y al último.

Los construccionistas defienden una tesis de contingencia como contraria a la necesidad: la ciencia, dicen ellos, puede progresar por caminos muy diversos. Contrariamente, para los físicos, en el desarrollo de la ciencia algunas cosas son inevitables: al progresar el conocimiento, necesariamente se tendría que llegar al principio de conservación de la energía o a la segunda ley de la termodinámica, o dicho de otra forma, cualquier física exitosa (probablemente extraterrestre) tendría que ser equivalente a la nuestra. Andrew Pickering escribió un libro titulado "Constructing quarks: a sociological history of particle physics". Evidentemente Pickering no pretende que los quarks, los objetos, sean construidos. Lo construido socialmente es la idea de quark, pero la noción radical consiste en la contingencia que Pickering asocia al surgimiento de esos conceptos; la idea de quark pudo no haber surgido y aún así la física de partículas se pudo haber desarrollado exitosamente (1984). Así pues, este es un punto irresoluble entre realistas y construccionistas.

El otro punto conflictivo es el de la estabilidad. Si bien a lo largo de la historia ha habido innumerables revoluciones científicas, hay ciertas teorías que parecen ser muy estables y todo parece indicar que los científicos seguirán aceptándolas, aunque sea aplicadas a un aspecto limitado de la realidad. El ejemplo que más a menudo se menciona es el de las ecuaciones de la teoría electromagnética de Maxwell. No solamente es una de las teorías que ha resultado más exitosa desde el punto de vista científico, sino también desde el punto de vista tecnológico pues todo parece indicar que los ingenieros las seguirán usando para diseñar antenas, sistemas de transmisión, etc. Por el contrario, para los construccionistas, siempre habrá claramente explicaciones externas al contenido de las teorías que explican la estabilidad. Dichas explicaciones incluyen factores sociales, intereses de grupo, fuerzas de autoridad, etc.

En sus investigaciones de "ciencia en acción", Latour se basa en lo que directamente él y sus colegas observan que pasa en los laborato-

rios y centros de investigación, pero si queremos referirnos al desarrollo de teorías científicas del pasado, no podemos entrar al laboratorio y observar, sino que tenemos que recurrir a los documentos históricos. A continuación nos referiremos a las teorías del electrón y afortunadamente contamos para eso con historiadores que han abordado el tema y nos dan diferentes elementos de reflexión.

HISTORIA DEL ELECTRÓN

La imagen histórica que se encuentra en los libros de texto sobre el “descubrimiento” del electrón consiste en atribuir a J. J. Thomson dicho descubrimiento al trabajar con los rayos catódicos. Según esta historia Thomson habría identificado que dichos rayos estaban formados por corpúsculos cargados y habría medido la relación entre masa y carga eléctrica (m/e) de dichos corpúsculos. La continuación de esa historia nos dice que dicho descubrimiento abrió las puertas para encontrar la estructura del átomo, trabajo realizado por Rutherford en 1911 y continuado por Bohr en 1913.

Dicho “descubrimiento” del electrón habría ocurrido en 1897, mismo año en que en un artículo enviado a la *Philosophical Magazine*, Thomson da cuenta de los valores encontrados para la relación m/e (Thomson, 1897). Evidentemente no se puede valorar un suceso de manera puntual en el tiempo, sino que se tiene que ver la trayectoria seguida por la mente del científico y ver cuál es la evolución de los conceptos que elabora. George Smith nos dice que para comprender el trabajo de Thomson es necesario ver en conjunto al menos tres de sus trabajos científicos (Smith, 2001), el ya referido arriba, más otras dos contribuciones de los años 1898 y 1899. En la primera publicación, Thomson empieza trabajando la hipótesis de que los rayos catódicos son partículas cargadas, continúa explicando los experimentos que le permiten calcular la relación m/e en caso de que dicha hipótesis sea cierta y termina con algunas especulaciones en torno a la estructura de los átomos y la relación entre los “corpúsculos” de sus experimentos y la tabla periódica. Sin embargo, nos explica Smith, ya otros habían hecho cálculos de dicha relación m/e , por ejemplo Emil Wiechart, que incluso resultaron ser más exactos. Sin embargo, Thomson desarrolla más sus resultados y sus conjeturas en los artículos de 1898 y 1899, comparando por un lado los resultados de carga

eléctrica de sus “corpúsculos” en los rayos catódicos y la carga eléctrica de los iones de un gas y por otro lado calculando la relación m/e y relacionado con otros fenómenos como el efecto fotoeléctrico y la descarga eléctrica de filamentos incandescentes, siendo igual a la de los rayos catódicos obtenida en el artículo de 1897. Esto lo lleva a desarrollar una hipótesis de trabajo consistente en adjudicar a sus “corpúsculos” cargados negativamente un carácter universal y fundamental, como constituyentes subatómicos de la materia. Así pues, más que un “descubrimiento” de una entidad física, se trata de un trabajo experimental complejo que elabora una hipótesis de trabajo que tendrá que ser, más adelante, aceptada por común acuerdo, por la comunidad científica.

Para que esta aceptación gradual se logre, se necesita, no solo que un científico presente una hipótesis y pruebas a su favor, sino que toda la comunidad trabaje en ello. Por eso es que la existencia de los electrones poco a poco va tomando realidad a partir, no solamente del trabajo de Thomson, sino de otros como Zeeman con su experimento de la separación magnética de las líneas espectrales⁵, e igualmente otros trabajos en espectroscopia, radiactividad, conducción de metales, etc.

Creemos que es importante enfatizar una idea que se desprende de lo dicho hasta ahora. Nos referimos al papel que juega aquí la experimentación, tanto la del mismo Thomson como la de otros científicos involucrados, en la que no se trata de experimentos realizados para validar una teoría (que es el papel que la filosofía de la ciencia asigna normalmente al experimento), sino que son experimentos que van reuniendo datos que eventualmente permiten desarrollar una hipótesis de trabajo a partir de la cuál se puede desarrollar una teoría. Es decir, en cierto sentido se invierte el proceso.

Además de todo esto, es fundamental ver como se inserta este trabajo en las diferentes posiciones científicas y filosóficas de la época. En el caso que nos atañe, es importante considerar que a finales del siglo XIX existen claramente dos posiciones antagónicas sobre el carácter del trabajo científico. Una de ellas la podemos identificar con científí-

⁵ *Theodore Arabatzis defiende la idea de que Zeeman también debe ser considerado como “descubridor del electrón”. Véase Arabatzis (2001).*

cos como Ernest Mach, quienes siguen una línea filosófica que defiende una base fenomenológica (un tipo de positivismo) basada en correlaciones de observaciones directas evitando usar cantidades “hipotéticas”. Por otro lado tenemos a científicos como Ludwig Boltzmann que defienden el uso de entidades ocultas a la observación directa como medio para entender la realidad; de ahí su férrea defensa del atomismo. Sin embargo, para ambas concepciones el carácter experimental del método científico es crucial. Esta distinción de posiciones filosóficas es fundamental porque es claro que el éxito de una teoría depende no de uno, sino de muchos experimentos realizados por muchas personas y la importancia asignada a los diferentes experimentos depende de las diferentes orientaciones filosóficas, además de que un mismo experimento puede significar cosas diferentes en diferentes tradiciones. En nuestro caso es claro que la línea de trabajo de filosofía natural que permite presentar como hipótesis entidades que no se ven, dieron un fruto enorme en la constitución de la muy exitosa física atómica.

En resumen, tenemos que a los experimentos llevados a cabo por J.J. Thomson en 1897 en relación con los rayos catódicos, se les identifica tradicionalmente con el “descubrimiento del electrón”. Sin embargo, hemos mostrado que la historia es más compleja. En 1897 existían ideas divergentes sobre lo que constituía las partículas elementales de electricidad. La identificación precisa de lo que constituía a los rayos catódicos y su relación con la estructura atómica de la materia implicó el trabajo de toda la comunidad científica en un proceso lento de aceptación y búsqueda de consensos en el significado de los diferentes desarrollos experimentales y teóricos luego de una larga serie de controversias.

DESCUBRIMIENTO DEL ELECTRÓN O ¿QUÉ ES DESCUBRIR?

Hasta el momento, en este ensayo, siempre que hemos escrito la palabra “descubrimiento” la hemos puesto entre comillas. La razón es que en general resulta muy ambiguo el significado de esa palabra y puede interpretarse de muy distintas maneras. Lo cierto es que el concepto de descubrimiento en sí es muy complejo y requiere un mínimo de atención filosófica. Parte de la respuesta a la pregunta ¿quién

descubrió X? depende de establecer quién sabía qué, cuándo y cómo, cosa que en el caso del electrón resulta muy complicado.

Existen diferentes enfoques o puntos de vista. Uno que ha tomado fuerza recientemente está relacionado con la posibilidad de manipulación y medición. En este sentido cuando se empiezan a encontrar métodos para aislar, medir y manipular los electrones, éstos se empiezan a hacer “reales” y se puede hablar de que han sido descubiertos⁶. Por otro lado, la visión de un constructivista social iría más bien en la dirección de que una entidad ha sido descubierta solo cuando se ha alcanzado el consenso entre los científicos en relación con la realidad de esa entidad. En este sentido habría un descubrimiento sólo cuando la comunidad así lo acepta, Incluso, en un sentido mas fuerte del constructivismo social, los electrones son “socialmente construidos” y no tienen una realidad independiente.

Peter Achinstein (2001) tiene una propuesta interesante en la que dice que para identificar un “descubrimiento”, se tienen que tomar en cuenta 3 factores: ontológico, epistémico y de prioridad. El factor ontológico se refiere al hecho de que para que realmente haya un descubrimiento de “algo”, ese “algo” tiene que existir. Puede parecer trivial, pero no lo es, de hecho, como mencionábamos arriba, para un constructivista social este factor es irrelevante. El factor epistémico se refiere al hecho de que la persona a la que se adjudica el descubrimiento debe encontrarse en un cierto estado de conocimiento con respecto a lo descubierto. Y por último el factor de prioridad se refiere a que el supuesto descubridor debe ser el primero en haberse encontrado en ese estado de conocimiento.

Tal vez el problema es que la noción de descubrimiento resulta inapropiada en ciencia. Ciertamente no es lo mismo descubrir el electrón que descubrir, por ejemplo, una isla en el Pacífico. La historia del electrón no es puntual y de hecho, no hay una teoría del electrón sino muchas que se van sucediendo en el tiempo. Aunque actual-

⁶ Véase Hacking (1996), especialmente el capítulo 16 que habla sobre la experimentación y el realismo científico.

mente existen muchos argumentos en contra del carácter acumulativo de la ciencia, no cabe duda que en el caso de las teorías del electrón sí es pertinente hablar de acumulación ya que a lo largo de la elaboración de esas teorías se observa la existencia de un núcleo de propiedades de los electrones que se van desvelando y en donde las deficiencias de las primeras teorías se van superando en concepciones que van siendo más cercanas a la realidad experimental.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA: “ELECTRONES” Y “HUECOS” EN ACCIÓN

Resulta interesante tomar en cuenta no nada más los desarrollos teóricos y experimentales en torno al electrón, sino también la forma en que estos nuevos conocimientos fueron asimilados por la naciente industria eléctrica y electrónica. Es decir, si hemos hablado de la lenta aceptación de las teorías por parte de la comunidad científica, otro tanto habrá que decir de otras comunidades, como la de los ingenieros. Graeme Gooday (2001) hace un recuento interesante de este aspecto de la historia del electrón siguiendo las publicaciones de una revista británica que se dedicaba a las relaciones entre la ciencia eléctrica y la tecnología llamada “The Electrician”. Gooday nos sugiere que las mediciones de Thomson en torno a la relación m/e no fueron muy significativas en la recepción por parte de los que él llama los “scientists-engineers” y que por lo tanto las investigaciones de Thomson no fueron importantes en los primeros desarrollos de la electrónica, en particular la válvula termoiónica y el osciloscopio de rayos catódicos, los cuales fueron desarrollados de manera relativamente independiente de la teoría.

Comentábamos en el apartado anterior que en un sentido los electrones se van haciendo más “reales” en la medida que se pueden aislar, medir y manipular. Podemos ahora extender esa idea diciendo que también el electrón adquiere más realidad a través de su servicio a la industria y al comercio, trabajando en dispositivos al servicio de la gente. Al menos esta es la idea que defienden Hoddeson y Riordan (2001) al decirnos que el electrón se “cosificó” o ganó “realidad operacional” al empezar a trabajar en dispositivos electrónicos como el amplificador de tubos al vacío (bulbos). Fue durante la década de los 20’s cuando surge el término “electrónica” para describir el desarrollo tecnológico en el cuál ya fue necesario aceptar la existencia de los electrones como

partículas para poder desarrollar dispositivos, circuitos y sistemas útiles, es decir, más de 20 años después de los trabajos de J. J. Thomson.

Si es difícil comprender el ascenso del electrón como entidad con realidad operacional, mucho más interesante es el caso del llamado “hueco” o ausencia de un electrón. ¿Puede la ausencia de “algo” ser real? Tal parece que así es. El hueco y el proceso por medio del cuál adquiere su realidad operativa, está íntimamente ligado al invento del transistor, dispositivo esencial para el surgimiento de la “sociedad de la información”.

En la década de los 20's varios científicos empezaron a aplicar la mecánica cuántica al problema de los sólidos, desarrollándose lo que se llegó a conocer como la teoría cuántica de los sólidos. Es en este contexto en el que Rudolf Peierls propone el concepto de “hueco” que resultaría ser muy exitoso. ¿Pero qué es un hueco? Siguiendo la física cuántica y en particular el principio de exclusión de Pauli, se dice que en un sólido los electrones ocupan bandas de energía (teniendo cada electrón en realidad un nivel discreto de energía) y bajo este orden de ideas, un hueco sería un nivel discreto de energía vacante (no ocupado por un electrón) cerca de la parte alta de una banda de energía, que se comportaría como una entidad o partícula cargada positivamente.

Por otro lado, Hoddeson y Riordan nos explican en su artículo que la investigación en torno a los dispositivos de estados sólido se intensificó en tiempos de la Segunda Guerra Mundial y que en Estados Unidos se creó una red de instituciones entre las cuales había una comunicación y cooperación muy transparente, la cuál terminaría al finalizar la guerra para dar paso a un proceso de fuerte competencia. La red incluía a los laboratorios de radiación del MIT, General Electric, Westinghouse y los laboratorios Bell entre otras instituciones. Mervin J. Kelly de Bell Labs sabía esto y trabajó en 1945 para mantener el liderazgo en la investigación básica sobre física del estado sólido. Este énfasis en la investigación en Bell Labs iba muy de acuerdo con la percepción de Vannevar Bush sobre el valor de la ciencia en su reporte al presidente de los Estados Unidos⁷. Todo esto pavimentó el cami-

⁷ *Vannevar Bush había sido el director de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico durante la guerra y en el informe referido, llamado “Ciencia, la frontera sin fin”, propone diseñar un nuevo sistema de apoyo federal vigoroso para la investigación científica en los sectores público y privado.*

no para que Bardeen, Brattain y Shockley llegaran a la fabricación de un dispositivo de estado sólido con capacidad de amplificación en 1947, el transistor. Así, el “hueco” adquirió finalmente realidad operacional, siendo la entidad que permitió el funcionamiento de este dispositivo.

ELECTRONES Y HUECOS: REALIDAD O CONSTRUCCIÓN SOCIAL

Hemos querido resaltar que las entidades físicas que llega a establecer la ciencia tienen una historia compleja. En el caso de los electrones y los huecos esta historia involucra también de una manera decisiva a los desarrollos tecnológicos que han pasado a tener una gran presencia en nuestra sociedad y por lo tanto, en ese proceso fueron no solo las comunidades científicas, sino también las de ingenieros, las que aceptaron y asimilaron la operatividad de dichas entidades

Siguiendo los puntos conflictivos que apuntábamos en la primera parte de este escrito, habrá quienes defiendan que los electrones y los huecos son entidades reales y quienes insistan en que son constructos sociales. A los que defienden esto último, les parecerá que las entidades citadas son solo un producto del consenso de las comunidades científicas y que no tienen realidad mas allá de eso, o al menos defenderán que en lugar de la dirección que tomó la ciencia en este tema, pudo haber tomado otro rumbo y probablemente pudo seguir la línea que consideraba a la electricidad como un fluido. Además, insistirán en que la permanencia de las nuevas teorías se debe a factores meramente sociales y no a que éstas sean verdaderas o falsas. En cambio para los defensores del realismo científico los electrones siempre han estado ahí y solo han sido descubiertos gracias al trabajo de los científicos.

Estas discusiones suelen ser estériles y no conducir a ningún lado, pero creemos que hay que decir que muchas veces se llega a ellas debido a la defensa de posiciones radicales que llegan a ser absurdas. Mario Bunge ha hecho una fuerte crítica a las teorías de construcción social⁸

⁸ Véase Bunge (1998). Consúltese especialmente el capítulo 7: *El constructivismo*.

diciendo que a veces no se sabe si el problema es solo el uso hacen de la palabra "hecho" cuando hablan de "la construcción social de los hechos científicos", en donde tal vez simplemente están confundiendo "hecho" con "teoría" y en ese sentido lo que se construye en las comunidades científicas son consensos sobre la validez o pertinencia de una teoría como representativa de la realidad. Sin embargo, nos dice Bunge, es claro que autores como Latour y Woolgar quieren practicar un relativismo y subjetivismo extremo pues afirman que "la realidad es la consecuencia y no la causa de esta construcción". De esta manera según el constructivismo, la realidad no es independiente del sujeto investigador, sino producto de éste, reemplazando el concepto de descubrimiento por el de construcción social.

Estamos de acuerdo con la crítica de Bunge y creemos que la historia de las teorías del electrón muestran que si bien no es fácil hablar del descubrimiento del electrón como un hecho puntual realizado por un individuo, el concepto de descubrimiento, aunque se diluye, sigue siendo válido, aún cuando el proceso en sí de dicho descubrimiento haya estado condicionado socialmente en muchos sentidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Achinstein, Peter (2001), "Who Really DiScovered the ElectrOn?", en Jed Z. Buchwald (ed.), *Histories of the Electron*, The MIT Press, pp. 403-424.
- Arabatzis, Theodore (2001), "The Zeeman Effect and the Discovery of the Electron", en Jed Z. Buchwald (ed.), *Histories of the Electron*, The MIT Press, pp. 171-194.
- Bunge, Mario (1998), *Sociología de la ciencia*, Editorial Sudamericana, Buenos Aires.
- Gooday, Graeme (2001), "The Questionable Matter of Electricity: The Reception of J.J. Thomson's "Corpuscle" among Electrical Theorists and Technologists", en Jed Z. Buchwald (ed.), *Histories of the Electrón*, The MIT Press, pp. 101-134.
- Hacking, Ian (1996), *Representar e intervenir*, Paidós, México.
- Hacking, Ian (2001), *¿La construcción social de qué?*, Paidós, Barcelona.
- Hoddeson, Lillian & Riordan, Michael (2001), "The Electron, the Hole and the Transistor", en Jed Z. Buchwald (ed.), *Histories of the Electron*, The MIT Press, pp. 327-338.

- Latour, Bruno & Woolgar, Steve (1986), *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*, Alianza Editorial, Madrid.
- Latour, Bruno (1992), *Ciencia en acción*, Editorial Labor, Barcelona.
- Moya, Eugenio (1998), *Crítica de la razón tecnocientífica*, Biblioteca Nueva, Madrid.
- Pickering, Andrew (1984), *Constructing quarks: a sociological history of particle physics*, Edinburgh University Press.
- Smith, George (2001), "J.J. Thomson and the Electrón, 1897-1899", en Jed Z. Buchwald (ed.), *Histories of the Electron*, The MIT Press, pp. 21-76.
- Thomson, J.J. (1897), "Cathode Rays" *Philosophical Magazine*, núm. 44, pp. 293-316.
- Thomson, J.J. (1898), "On the Charge of Electricity Carried by the Ions Produced by Röntgen Rays" *Philosophical Magazine*, núm. 46, pp. 528-545.
- Thomson, J.J. (1899), "On the Masses of the Ions in Gases at Low Pressures" *Philosophical Magazine*, núm. 48, pp. 547-567.