

# ALBERT EINSTEIN: ALGUNOS ASPECTOS EPISTEMOLOGICOS

*Diógenes Campos*

*Departamento de Física  
Universidad Nacional - Bogotá*

## *Resumen:*

*Se presentan algunos aspectos de la epistemología científica de Einstein: Tarea de la ciencia, teorías científicas como creaciones libres del intelecto, relación teoría-experimento, papel de la matemática en las teorías físicas, la "belleza" como principio rector en la búsqueda y selección de teorías físicas.*

## *I. Introducción*

Einstein (1879 - 1955) es considerado uno de los más eminentes físicos de todos los tiempos. Para apreciar plenamente las causas que han convertido a Einstein en una leyenda sería necesario analizar el estado de la física al comenzar nuestro siglo. Esto no es, sin embargo, el objetivo del presente trabajo. La popularidad de Einstein se debe al desarrollo de la teoría de la relatividad (especial y general). Esto, en particular, porque Einstein tuvo para ello que sobreponerse a la rigidez dogmática creada en la física por 250 años de éxitos continuos de la física newtoniana, entre los cuales el más sobresaliente es la descripción de los movimientos planetarios. El trabajo de Einstein en áreas distintas a la relatividad, tales como la física cuántica y la mecánica estadística, fue tan trascendente como los que realizó en torno a la relatividad misma. "Einstein desempeñó un papel excepcional, posiblemente el más relevante, en toda la revolución del pensamiento físico que ocurrió alrededor del primer cuarto de nuestro siglo". El premio Nobel le fue otorgado en 1921 no por sus contribuciones a la relatividad sino por su obra sobre el movimiento Browniano y la teoría cuántica de interacción entre la radiación y la materia. Se dice, con justa razón, que hay muy pocas ideas en la física contemporánea que no sean producto de los trabajos de Einstein.

Los trabajos de Einstein, sus ideas, sus diversos escritos han influido sobre nuestro mundo contemporáneo. Por lo tanto, el interés por su pensamiento respecto a la ciencia, el método científico, la tarea de la ciencia no está ligado a un círculo restringido de especialistas. Sobre estos aspectos quiero referirme en el presente trabajo.

## *II. Einstein: ¿Don Quijote o Sancho Panza?*

"Crear en un mundo externo independiente del sujeto que percibe es la base de toda ciencia natural" (4), afirma Einstein. La tarea de la ciencia está en buscar una explicación de ese mundo tal como él existe y evoluciona independientemente del intelecto humano.

Einstein aprecia que uno sólo puede ganar conocimiento parcial a través de la experimentación (experiencia sensorial). El afirma: "Sin embargo, debido a que la percepción sólo da indirectamente información de ese mundo externo o de la realidad física, nosotros podemos sólo entender esta última por medios especulativos. De esto se sigue que nuestras nociones de la realidad física nunca pueden ser definitivas. Siempre debemos estar dispuestos a cambiar estas nociones -es decir, la estructura axiomática- con el fin de hacer justicia a los datos percibidos de la manera más lógica y perfecta" (4). Para Einstein, "es necesario que el científico ponga sus conceptos en relación con el mundo de la experiencia de modo tan directo y necesario como sea posible" (5). "Pero la teoría no puede ser deducida lógicamente de la experiencia, ella es libremente inventada" (5).

Newton creía que las leyes y los conceptos físicos podían ser deducidos de la experiencia. Einstein, por el contrario, estaba convencido de que tal posición estaba condenada al fracaso y afirmaba que una experiencia dada no podía determinar una estructura lógica que sirviera como su representativo, que la base axiomática de la física teórica debía ser libremente inventada, que los conceptos no son deducidos de la experiencia, y que las teorías científicas son creaciones libres del intelecto. En otras palabras, los físicos para elaborar su ciencia no se limitan a registrar pasivamente datos experimentales sino que construyen un cuadro teórico con ayuda de principios y conceptos elegidos por ellos (5). Por otro lado, Einstein cree que una estructura lógica, no importa que tan deseable pueda ser por otras razones, no se puede considerar como una teoría física válida a menos que esté en concordancia con los resultados experimentales. Por lo anterior, es fácil ver que en Einstein se pueden descubrir tantos aspectos racionalistas como aspectos empiristas (6), y tal como él lo dice, para un científico "una oscilación entre estos extremos es inevitable" (6). Esto equivale a oscilar entre Don Quijote y Sancho Panza.

### III. Elección de Postulados para una teoría física

Einstein concebía la estructura teórica de la física como una vasta red de interrelaciones lógicas todas ellas basadas en conceptos fundamentales o postulados (1). Al igual que en la matemática, estos conceptos, por su naturaleza primaria, juegan un papel central en la física y no se pueden describir o definir en términos más primitivos; ellos forman parte esencial de una teoría y no se pueden modificar sin cambiar la teoría. Por ejemplo, la teoría de la relatividad especial se basa en dos postulados, denominados principio de relatividad y principio de constancia de la velocidad de la luz.

Los postulados constituyen la base axiomática de la física teórica y no se pueden deducir directamente de la experiencia, afirma Einstein. Significa esto, entonces, que la física teórica es pura especulación? No, todo lo contrario. Einstein no cree que podamos arbitrariamente fabricar estos principios básicos con el fin de satisfacer nuestros caprichos. El cree que el científico tiene el deber de establecer una unión con la realidad por una cuidadosa y sagaz elección de estos conceptos teóricos. Nosotros debemos procurar descifrar la naturaleza "real" del mundo físico, no crear algo para satisfacer a priori nuestros deseos y creencias. "La libertad de elección, sin embargo, es de una clase especial; de ninguna manera es similar a la libertad de un escritor de ciencia ficción. Más bien, es similar a la de un hombre entretenido en solucionar un crucigrama bien diseñado. El puede, en verdad, proponer cualquier palabra como solución; pero hay sólo una palabra que realmente soluciona el crucigrama en todas sus formas (8).

### IV. Comparación entre predicciones teóricas y resultados experimentales.

No es fácil para un físico evaluar si los postulados que ha elegido para desarrollar una teoría han sido elegidos, como dice Einstein, de manera cuidadosa y sagaz. Esto sólo se podrá determinar después de un trabajo extenso. Primero, es necesario trabajar dentro de un marco estrictamente teórico y analizar las relaciones lógicas entre los principios. Cuando esto se ha logrado ampliamente tiene el físico la obligación de unir la teoría a la experiencia con el propósito de comparar las predicciones teóricas con los resultados experimentales y así proporcionarle un fundamento estable a la estructura teórica (7). Solo si se hace esto se evita que la teoría sea pura especulación y sólo así se diferencia la fantasía vacía de la verdad científica.

Sólo si la teoría es correcta lógicamente y sus conclusiones están de acuerdo con los hechos observados llega la teoría a ser físicamente aceptable. Como, ciertamente, no todas las conclusiones pueden comprobarse mediante experimento, el científico nunca puede tener la certeza de que la teoría es válida, sino únicamente que puede ser válida y las teorías no pueden verificarse nunca sino que siempre son conjeturas, intentos de captar, o de entender la realidad escondida detrás del mundo fenoménico (11).

Einstein fue siempre fiel a la idea de someter sus teorías a la disciplina de pruebas experimentales rigurosas. Sólo así se puede saber si la elección de postulados ha sido cuidadosa y sagaz pero no se sabrá nunca de manera absoluta si ha sido la más cuidadosa y sagaz posible.

Popper comenta en una entrevista con Whitrow lo siguiente (10): "El (Einstein) se mostraba altamente crítico en relación con sus propias teorías, no solo en el sentido de tratar o de descubrir y señalar sus limitaciones, sino de descubrir en qué condiciones podía considerarla como refutadas por la experimentación". Popper menciona el siguiente ejemplo: "Cuando D.C. Miller, que siempre se había opuesto a Einstein, anunció que tenía pruebas irrefutables contra la relatividad especial, Einstein declaró de inmediato que si esos resultados podían ser comprobados sustancialmente renunciaría a la teoría de la relatividad especial y, con ella, también a la relatividad general".

A pesar de saber que una teoría lógicamente irrefutable podía ser sostenida contra la comprobación experimental desfavorable, no le interesó nunca hacerlo. Como físico Einstein creía en una realidad objetivamente existente y según él mismo "no se conformaba con descubrir algunas ecuaciones que correspondieran a las observaciones, sino que trataba de captar, de entender, esa realidad detrás de los fenómenos" (11). Para eso no había otra posibilidad que someter las teorías al visto bueno de las pruebas experimentales.

Para Einstein, la relación teoría-experimento es importante como criterio para evaluar las teorías. El no estuvo interesado en aplicaciones prácticas o posibles desarrollos tecnológicos de sus descubrimientos. El hizo lo que se denomina investigación básica. Sin embargo, sus investigaciones contribuyeron a lo largo a avances técnicos notables. El ejemplo más conocido es aquel en que Einstein demostró que, si un cuerpo emite energía  $E$  en la forma de radiación, su masa disminuye por una cantidad  $M$  tal que  $E = Mc^2$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz. La fórmula permite considerar la materia como energía altamente concentrada y establece que la materia cambia en energía y viceversa. La explosión de la bomba atómica es la más dramática y espectacular comprobación de la fórmula  $E = Mc^2$  que es una consecuencia directa de la teoría de la relatividad especial. Veamos otro ejemplo: Su trabajo sobre la teoría cuántica de la radiación (9) de 1917. Einstein introduce métodos que han estado en uso casi sin cambios desde entonces, aunque la mayoría de quienes los emplean no saben que fue Einstein quien los formuló. En ese trabajo de 1917 Einstein postuló el proceso conocido como emisión estimulada, e infirió las propiedades de este proceso. Es el proceso empleado en el LASER, invento que ha permitido dirigir un rayo de luz a la luna y recibir una respuesta susceptible de detectarse, o hacer un agujero del espesor de un hilo a través de un diamante, o quemar tumores minúsculos en los ojos. Tal cosa estaba latente en la obra de Einstein durante cuarenta años antes de que los físicos apreciaran sus posibilidades. La obra de Einstein, producto de investigación básica, puede contener otros tesoros que todavía permanecen ocultos para nosotros (12).

### V. Papel de la matemática en una teoría física.

Einstein define el dominio de la física "como esa parte de la suma total de nuestro conocimiento que es capaz de ser expresado en términos matemáticos" (13). Esta afirmación hay que tomarla dentro de un contexto ya que sería erróneo afirmar que la física es para

Einstein sólo matemática. Einstein considera que las diferentes teorías científicas, que surgen a través de la evolución de la ciencia, son clasificables en diferentes niveles de abstracción. El nivel de mínima abstracción siendo aquel que está relacionado más directamente con el sentido común. Un nivel dado se obtiene del anterior por un proceso de refinamiento procurando explicar más fenómenos con un número menor de postulados. En el proceso de refinamiento el científico se ve obligado a emplear como herramienta la ciencia de la matemática debido en especial a la coherencia lógica que le es inherente. A medida que el nivel de abstracción aumenta se va haciendo más necesario el uso de la matemática.

Sin embargo, esto no es suficiente para garantizar que una teoría es físicamente satisfactoria. Para que sea verdadera es necesario además que ninguna experiencia la refute y que no sea una teoría pseudo-científica; esto es, una teoría que sólo está construida con cantidades que no son observables.

Ahora bien, durante una era dada (con sus hechos experimentales correspondientes) pueden surgir varias teorías "a consecuencia de que no hay un puente lógico y único entre fenómenos y principios teóricos". Einstein escribe que "la evolución ha demostrado que en cualquier momento dado, entre todas las construcciones teóricas concebibles, una única ha demostrado ser absolutamente superior a todas las demás". Es superior aquella teoría que posee más elegancia y simplicidad lógica. Más aún, "una teoría debe ser internamente consistente y matemáticamente bella para describir propiamente la realidad física" (13). La belleza se reconoce por características supremamente especiales que llaman la atención de los físicos y demandan sin duda alguna su admiración y reconocimiento. En particular, una teoría que permite poner "orden" en nuestras experiencias es una teoría bella. El orden requerido por Einstein no es, sin embargo, aquel que está asociado con un catálogo o

diccionario en el cual no hay coherencia lógica. Por el contrario, orden significa una capacidad para predecir fenómenos completamente nuevos y dar explicación de todas las experiencias disponibles con la ayuda de un mínimo de conceptos primitivos que están mutuamente interrelacionados a través de la teoría.

El mayor elogio de Einstein para un buen trabajo no era que fuera correcto o exacto sino que era hermoso, dice su hijo H.A. Einstein. A su vez comenta Bondi lo siguiente (14): Cuando alguien formulaba alguna sugerencia y Einstein no la encontraba coherente o razonable, él no la contradecía en absoluto, sino que decía únicamente "¡oh, qué feo!". Cuando una ecuación le parecía fea, perdía realmente el interés en ella y no podía entender por qué alguien estaba dispuesto a perder su tiempo en eso. Einstein estaba convencido de que la belleza era un principio rector en la búsqueda de resultados importantes en la física teórica.

#### VI. Referencias

1. Donald L. Reisler, Am. J. Phys. 39, 821-831, July 1971. "The Epistemological basis of Einstein's, Podolsky's and Rosen's objection to Quantum Theory".
2. G.J. Whitrow, *Einstein: el hombre y su obra*, Siglo XXI Editores, S.A., México (1969).
3. Pierre Thuillier, La Recherche 10, 14-22, Janvier (1979) "Le cas Einstein".
4. A. Einstein, *Essays in Science*, translated by Alan Harrin (Philosophical Library, New York, 1934) P. 40.
5. Ver. ref. (3), Pg. 15.
6. Ver. ref. (3), Pg. 17
7. Ver. ref. (1), Pg. 822
8. Ver. ref. (1), Pg. 823
9. Einstein, A. *Physikalische Zeitschrift* 18, 121 (1917)
10. Ver. ref. (2), Pg. 51
11. Ver. ref. (2), Pg. 52
12. Ver. ref. (2), Pgs. 75 y 76
13. Ver. ref. (1), Pg. 824
14. Ver. ref. (2), Pg. 121