

PERTINENCIA DE LA INVESTIGACIÓN FUNDAMENTAL

Bernardo Gómez Moreno

*Departamento de Física, Universidad de los Andes
A. A. 4976, Bogotá, Colombia*

Celebramos 100 años de la Mecánica Cuántica, 100 años de las trascendentales presentaciones de Max Planck del 19 de Octubre y del 14 de Diciembre de 1900 ante la Sociedad Alemana de Física en Berlín, cuando dió a conocer su teoría cuántica para la radiación de cuerpo negro [1]. Se iniciaba una de las mayores revoluciones científicas, la revolución cuántica, que marcó profundamente al siglo XX.

Con todo el respeto debido, evoquemos las palabras de Albert Einstein en memoria de Planck, a la muerte de éste, en 1947 [2]:

“En Memoria de Max Planck

Un hombre al que se le ha dado el don de poder bendecir al mundo con una gran idea creadora no necesita el elogio de la posteridad. Sus logros le han otorgado ya ese honor.

Sin embargo, es bueno –yo diría indispensable– que se hayan reunido hoy aquí representantes de todos los continentes que luchan por la verdad y el conocimiento. Ellos han venido como testigos de que, en tiempos como los nuestros, cuando la pasión y la fuerza bruta se yerguen como espadas sobre las temerosas cabezas de los hombres, nuestro ideal de búsqueda por encontrar la verdad se mantiene intacto. Este ideal, un lazo que une a todos los científicos de todos los tiempos y de todos los lugares, lo encarnó de un modo completo y poco común Max Planck.

Los griegos ya habían concebido la naturaleza atómica de los elementos, y este concepto llegó al mayor grado de probabilidad con los científicos del siglo diecinueve. No obstante, fue la ley de la radiación de Planck la que dio la primera determinación exacta de las magnitudes absolutas de los átomos. Es más, demostró convincentemente que, además de la estructura atómica de los elementos, existe una clase de energía atómica que se rige por la constante h , introducida por Planck.

Este descubrimiento ha sido la base de la investigación física durante el siglo XX, y ha condicionado todos sus progresos desde que se produjo. Sin ese descubrimiento no hubiera sido posible establecer una teoría de las moléculas y átomos, ni del proceso de la energía que gobierna estas transformaciones. Además, esto ha destruido el marco de la mecánica clásica y de la electrodinámica y ha planteado una nueva labor para la ciencia: la de encontrar una nueva base conceptual para la física. A pesar de estos avances, el problema está aún muy lejos de tener una solución satisfactoria.

Como homenaje a este hombre la Academia de Ciencias de América expresa su esperanza de que la libre investigación, en honor al conocimiento, debe permanecer intacta y sin obstáculos.”

Cuán cercanas resultan para nosotros las palabras de Einstein sobre Planck, en especial en esta ocasión, cuando los físicos nos hemos reunido haciendo memoria de Planck, y también en tiempos difíciles como los nuestros en nuestro país, cuando “... *la pasión y la fuerza bruta se yerguen como espadas sobre las temerosas cabezas de los hombres ...*”. En medio de las dificultades las palabras de Einstein nos motivan “... *a mantener intacto nuestro ideal de búsqueda por encontrar la verdad*”, que es la esencia de nuestra profesión de físicos, de investigadores que buscan las leyes fundamentales de la naturaleza, lo que nos une y nos reúne, por ejemplo en la Sociedad Colombiana de Física, en eventos como el de hoy. He aquí una importante meta para la Sociedad Colombiana de Física, el

propender porque *“la libre investigación, en honor al conocimiento, permanezca intacta y sin obstáculos”*.

En tiempos difíciles en Colombia, en medio de una fuerte recesión, consecuencia entre otros de un conflicto armado que ninguno de nosotros desea, ni encontramos justificado y que nos negamos a reconocer que existe, la actividad de los científicos encuentra obstáculos, que dificultan y ponen en peligro la libre investigación, en especial la investigación fundamental. Precisamente el estudio de lo más fundamental de la naturaleza es el estudio de temas considerados como los más abstractos y los más alejados de la cotidianidad del ciudadano común; se trata precisamente de aquellos temas que no ofrecen la solución inmediata a problemas de la sufrida comunidad local de hoy, los que no se traducen en utilidades visibles hoy, los que no generan nuevas empresas, ni contribuyen a la exportación, pero sí resultan en una carga, pues requieren de recursos financieros para ser realizados. La investigación fundamental llega entonces a ocupar los últimos lugares en la escala de lo pertinente.

Las palabras de Albert Einstein que evocamos, nos recuerdan la entereza y fortaleza de Max Planck, quien *“encarnó de un modo completo y poco común el ideal de búsqueda de la verdad”*, a pesar de todas las adversidades y sufrimientos en lo personal, familiar, pero también en el entorno de su profesión [3]. Planck nos dió especial ejemplo de superación, de enfrentar la adversidad; firme en su profesión logró *“bendecir al mundo con una gran idea creadora”*, la revolución cuántica.

¡Qué mejor ejemplo de pertinencia de la investigación fundamental que la mecánica cuántica! Cuando Planck, Einstein, Bohr, de Broglie, Schrödinger, Heisenberg, Pauli, Dirac, Born, Feynman y tantos otros, lograron descifrar los secretos del mundo microscópico que dieron forma a la mecánica cuántica, sólo tenían en mente la búsqueda de la verdad, de las leyes fundamentales de ese universo microscópico nuevo y extraño que dejaba perplejos a todos, por lo diferente que resultaba al lado de todo lo conocido, por desafiar nuestra intuición acostumbrada a las leyes del mundo macroscópico. Las cuestiones por ellos discutidas imponían una alta exigencia al intelecto, y eran tan abstractas y alejadas de la cotidianidad, como

el dualismo onda-corpúsculo, el principio de incertidumbre, el significado de la función de onda, el comportamiento probabilístico de la naturaleza, la complementariedad, la discusión sobre causalidad. ¡Nada más abstracto y alejado de lo cotidiano que la mecánica cuántica! Se trataba de *“encontrar una nueva base conceptual para la física”*. Ninguno tenía en mente lograr productos para patentar y vender, ni crear empresas, ni exportar. Su producto era el nuevo conocimiento sobre la naturaleza, sobre lo más fundamental del entendimiento que del mundo microscópico se pueda lograr; un producto que es patrimonio de toda la humanidad, que no se patenta, ni se vende, ni se exporta (ni siquiera conoce fronteras entre países, pues es universal).

Pero tan extraño como los conceptos de la mecánica cuántica, siendo lo más alejado de lo cotidiano para el individuo común, resulta ser que ... ¡no hay algo más cercano a lo cotidiano que la mecánica cuántica en el mundo moderno! Nuestro mundo en la transición del siglo XX al XXI está inmerso plenamente en los resultados de la mecánica cuántica, y las proyecciones de las décadas por venir y del siglo XXI entero, nos permiten vislumbrar ya que la revolución cuántica apenas ha empezado, que es mucho y muy notorio lo que se espera de aplicación de la física cuántica en todos los aspectos de lo cotidiano y de bienestar de la comunidad.

En el siglo XX vimos una transformación de un mundo puramente mecánico, a un mundo electrónico, resultado de la mecánica cuántica; la comprensión de la estructura de la materia permitió el desarrollo de nuevos materiales de propiedades antes inalcanzables, el aprovechamiento de los semiconductores, la invención del transistor, el desarrollo de los circuitos integrados, de toda la microelectrónica, con toda la inmensa variedad de productos que facilitan nuestras actividades diarias, desde los radios de transistores, equipos de sonido, televisores, calculadoras electrónicas, microcomputadores, el rayo láser con sus innumerables aplicaciones, la transformación de la imprenta y con ella la nueva industria de artes gráficas, y así hasta la revolución en las comunicaciones con los satélites, la telefonía celular y la prodigiosa red mundial del Internet, que apenas nace, pero que ha transformado ya todas las

actividades del mundo moderno. En el cambio de milenio se vislumbran ya aplicaciones prácticas de la superconductividad; también de la óptica cuántica, que abre enormes posibilidades de transformar nuestro futuro; se habla ya de fotónica, que será para el siglo XXI, lo que ha sido la electrónica en el siglo XX. Transformaciones mayores, verdaderas revoluciones nos esperan con la nanotecnología y con la computación cuántica; y lo más impactante: la ingeniería genética, resultado también de la comprensión del mundo microscópico, de la química de la vida, gracias a la mecánica cuántica [4].

Tratar de listar todas las aplicaciones que han resultado de la revolución cuántica, que han transformado la forma de vivir de los humanos, resulta obviamente imposible, pues está hoy en todas nuestras actividades, en cada paso que damos, en cada herramienta que utilizamos. Grandes empresas han surgido, grandes capitales; el mundo de los negocios ha cambiado, resultado de la mecánica cuántica. Pero recordemos, nunca los padres de la revolución cuántica, quienes desarrollaron la mecánica cuántica tuvieron en mente, como propósito, estos aspectos utilitarios. Su único deseo era comprender el universo microscópico, entender la naturaleza, las leyes más fundamentales que rigen ese fascinante universo microscópico.

Seguramente, si el propósito hubiera sido transformar el mundo como lo ha logrado la mecánica cuántica, llegar a la riqueza que ésta ha generado, pero sólo pensando en lo utilitario, sólo buscando nuevas industrias, nuevas empresas, nuevos productos, pero sin seguir el camino de la sola búsqueda de conocimiento, de conocimiento sobre lo más fundamental de la naturaleza, nada se habría logrado, o muy, muy poco. Brillantemente lo ha formulado el físico Hendrik Casimir, discípulo de Niels Bohr y luego director de los laboratorios de Philips en Eindhoven, Holanda [5]:

“He oído manifestaciones de que el papel de la investigación académica sobre la innovación es despreciable. Es la tontería más escandalosa con la que mi suerte me ha deparado tropezar.

Sin duda alguna, uno puede especular ociosamente si los transistores hubiesen sido descubiertos por personas que no hu-

biesen estado entrenadas en, y que no hubiesen contribuido a la mecánica ondulatoria o a la teoría de los electrones en los sólidos. Pero ocurre que los inventores de los transistores eran versados en, y contribuyeron a la teoría de los sólidos.

Uno puede preguntarse si los circuitos básicos de los computadores podrían haber sido encontrados por gente que quería construir ordenadores. Pero ocurre que fueron descubiertos en los años treinta por físicos que se ocupaban de contar partículas nucleares, porque estaban interesados en la física nuclear. Uno podría preguntarse si se hubiese hallado la energía nuclear porque la gente quería nuevas fuentes de energía o si la urgencia de tener nueva energía hubiese conducido al descubrimiento del núcleo. Quizá, pero ocurre que no sucedió de esa manera y que fueron los Curie y los Rutherford y Fermi y algunos cuantos más.

Uno podría preguntarse si existiría una industria electrónica sin el descubrimiento previo de los electrones por gente como Thomson y H. A. Lorentz. De nuevo no ocurrió de esa manera.

Uno puede incluso preguntarse si las bobinas de inducción de los motores de los coches hubiesen podido ser construidas por compañías que querían hacer transporte motorizado y si se hubiesen tropezado con las leyes de la inducción. Pero las leyes de la inducción habían sido encontradas por Faraday muchas décadas antes.

O si, sintiendo la necesidad de suministrar una mejor comunicación, uno hubiese podido encontrar las ondas electromagnéticas. Estas no fueron descubiertas de tal manera. Fueron encontradas por Hertz, que resaltó la belleza de la física y que basó su trabajo en las consideraciones teóricas de Maxwell. Creo que no existe prácticamente un ejemplo de innovación del siglo XX que no esté en deuda de esta manera con el pensamiento científico básico.”

» Es cierto que no toda la investigación fundamental de hoy per-

mite apreciar fácilmente cuál puede ser una aplicación para la industria, que permita exportar y que genere ganancias. Así medida en términos utilitarios, de rentabilidad de la inversión de hoy, la cromodinámica cuántica ... ¿qué tan pertinente es? – ¿Debemos invertir en ella? – Aquí la respuesta es la misma que dió Benjamín Franklin, repetida luego por Michael Faraday, a la pregunta sobre la utilidad del estudio de la electricidad: “¿Para que sirve un bebé?”

Debemos pensar que la inversión de hoy en la investigación fundamental es de beneficio para la comunidad, aunque esa comunidad sea la de los hijos, o nietos de nuestros hijos. Es este un punto importante, que Albert Einstein lo formula repetidamente, en varios escritos, como el siguiente [6]:

“Al pensar en nuestra vida y trabajo caemos en cuenta de que casi todo lo que hacemos y deseamos está ligado a la existencia de otros hombres. Nuestra manera de actuar nos emparenta con los animales sociables. Comemos alimentos elaborados por otros hombres, vestimos ropas confeccionadas por otros hombres, y vivimos en casas construidas por otros hombres. Casi todo lo que sabemos y creemos nos fue transmitido a través de un lenguaje establecido por otros hombres. Sin el lenguaje, nuestro intelecto sería pobre, comparable al de animales superiores. Así debemos confesar que si aventajamos a los animales superiores es gracias a nuestra vida en comunidad.”

“Cien veces al día recuerdo que mi vida interior y exterior están basadas en el trabajo de otros hombres, vivos y ya fallecidos, y que debo esforzarme para dar en la misma medida que he recibido.”

Y a los alumnos Einstein decía [6]:

“¡Queridos niños !

Me alegra ver en este día a la gozosa juventud de una tierra bendita y soleada.

Pensad que las cosas maravillosas que podréis aprender en vuestras escuelas son el trabajo de muchas generaciones, que en todos los países de la Tierra las lograron con mucho afán y mucha fatiga. Las ponemos en vuestra manos como herencia, para que las respetéis, desarrolléis, y fielmente las entreguéis a vuestros hijos. Así es como nosotros, los mortales, nos hacemos inmortales, transmitiendo el trabajo hecho por todos.

Si pensáis en esto, encontraréis sentido a la vida y a vuestros esfuerzos, y podréis transmitir vuestras certeras convicciones a otros pueblos y otras épocas.”

Es el flujo de la historia, del cual formamos parte: Recibimos de nuestros antepasados y tenemos un deber con las futuras generaciones. A los físicos, con la investigación fundamental, les corresponde parte de ese deber con la comunidad, no solo con la de hoy, sino también con la comunidad del futuro. Más que otros, los físicos tienen responsabilidad con las generaciones futuras. Los físicos construyen el futuro. Así la revolución cuántica, que inició Planck hace 100 años, y que transformó el mundo del siglo XX, tal vez apenas inicia su impacto en la sociedad y probablemente tendrá sus mayores efectos de beneficio para la comunidad en el siglo XXI, como ya se empieza a vislumbrar. Pertinencia, entonces, medida no sólo con respecto al efecto positivo en el presente, sino también y muy importante, medida con respecto a las generaciones del futuro, con las cuales tenemos el deber de dar tanto como recibimos de las generaciones pasadas.

Tenemos así cómo responder a la pregunta sobre la pertinencia de la investigación fundamental. La mecánica cuántica nos proporciona el mejor ejemplo de pertinencia de la búsqueda del conocimiento más fundamental sobre la naturaleza: descubrimos un mundo nuevo, todo un universo microscópico jamás imaginado antes, adquirimos conocimiento que es el mayor tesoro que pueden alcanzar los humanos, aquello que pasamos a las nuevas generaciones y que da sentido a nuestra existencia. Y es en esto que debemos pensar cuando se pregunta por la pertinencia de la investigación fundamental, en el valor intrínseco de la ciencia, en su pro-

ducto máximo que es el conocimiento. Que además se tenga una recompensa adicional con las aplicaciones del conocimiento para beneficio de la comunidad, es algo que la historia de la ciencia nos muestra repetidamente, y que en el caso de la mecánica cuántica, en su centenario, registramos como una recompensa cuyas dimensiones nunca nadie jamás imaginó, con los máximos beneficios para la comunidad de hoy y también para la del futuro.

Bibliografía

1. M. Planck, *Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum*, *Annalen der Physik* **4**, 553 (1901).
2. A. Einstein, *Sobre el humanismo. Escritos sobre política, sociedad y ciencia*, "XXIV En Memoria de Max Planck" (Paidós, Barcelona, 1995), pp. 111–112.
3. E. Segré, *From X-Rays to Quarks: Modern Physicists and Their Discoveries* (Freeman, San Francisco, 1980).
4. M. Kaku, *Visiones: Cómo la ciencia revolucionará la materia, la vida y la mente en el siglo XXI* (Temas de Debate, Madrid, 1998).
5. T. Hey y P. Walters, *El Universo Cuántico* (Alianza Editorial, Madrid, 1989).
6. A. Einstein, *Mi Visión del Mundo*, Octava Edición (TusQuets, Barcelona, 1991).