



Dr. Pablo Krassa K.

La obra científica de Alberto Einstein (1)



ME ha permitido agradecer en primer lugar el honor que se me ha brindado al invitarme a hablar en este Centro Cultural sobre la obra científica de Alberto Einstein. He aceptado esta invitación a pesar de las fuertes dudas que tengo en el sentido de ser la persona más indicada para esta tarea. Desde luego, por el hecho de que la física matemática, propiamente tal, no es mi especialidad, pero también porque conozco la enorme dificultad que significa exponer en breves minutos y en forma más bien elemental, la profunda y trascendental obra de este sabio único. No obstante, mi propio deseo de rendir homenaje público a una personalidad que conocí, aunque muy superficialmente, hace más de 40 años y cuya obra me ha fascinado e impresionado durante toda mi vida, me lleva a hacer callar estas dudas y a tratar de transmitirles algo de estos sentimientos de admiración por la obra y la personalidad del extinto maestro.

Por las razones mencionadas, no he querido limitarme en esta charla únicamente a su teoría de la relatividad, que siendo su obra cumbre ha ensombrecido, hasta cierto punto, muchos otros traba-

(1) Conferencia dada en el Centro Cultural Israelita "Schölem Aleijem", el 23 de mayo de 1955.

jos, que por sí solos hubiesen bastado para que ocupara un sitio destacado en la primera fila de los físicos de todos los tiempos. Al referirme también a ellos quiero hacer resaltar lo más característico de la personalidad científica de Einstein, lo que lo distinguió de tantos otros y que, a juicio mío, era la causa de la enorme trascendencia que tenían sus estudios. Me refiero a su afán incansable a la claridad meridiana; a la penetración profunda hasta llegar a las ideas y axiomas básicos, sobre los cuales se ha erigido el edificio de la física; a su honradez científica que no aceptaba concepciones nebulosas y contradictorias. Es este afán que lo ha llevado a analizar justamente estas ideas básicas y es por esto que su visión penetrante y las nuevas formulaciones que ha dado a estos conceptos, no sólo han influido en el campo de la física misma, sino que han revolucionado nuestras ideas filosóficas. Es por esto que los trabajos de un sabio, que sólo pocos de sus colegas pueden comprender a fondo, han tenido una resonancia mundial, hasta en el hombre culto de la calle, aún mucho antes de que las consecuencias prácticas de sus teorías revolucionarias alteraran nuestro mundo y lo aterrorizaran con la amenaza del uso generalizado de la bomba atómica.

Einstein no ha tenido nunca tal intención. Sus estudios los hizo únicamente guiado por el deseo de ensanchar y profundizar nuestros conocimientos de la ciencia, de las leyes de la naturaleza, con el fin de comprender —hasta donde sea posible— este mundo que nos rodea. Conocer la verdad, que es una sola, única, quitar un poco los velos que la envuelven, como dice Schiller en su poema de la imagen velada de Sais, fué para él sin duda la satisfacción óptima que anhelaba. Por esto, su modestia, su abnegación a recibir honores públicos y a aceptar tareas más allá de su vida de estudios. El hombre que con sus publicaciones ha formado no una nueva escuela, sino una nueva era de la física, no se ha dedicado a la enseñanza propiamente tal, sino en sus comienzos, cuando la necesidad de ganarse la vida lo obligaba a hacerlo. Prefirió trabajar como perito en la Oficina Suiza de Patentes, en Berna, gastando energías

intelectuales en trabajos que muchos otros seguramente podían realizar, porque esta ocupación le permitía disponer de tiempo libre para sus estudios, los cuales necesitaban meditación y tranquilidad, no perturbada por la presencia de otros, de amigos, colegas o discípulos. Encerrado en su biblioteca, rodeado de los libros y publicaciones que le servían de antecedentes, desarrollaba con lógica implacable sus pensamientos, previendo teóricamente los resultados que la experiencia posterior comprobaba. Se ha discutido mucho si era un físico o un matemático. Si se comprende al físico como experimentador en el Laboratorio, entonces seguramente no lo era, pero si se considera al matemático como al hombre que vive en sus fórmulas, en lo abstracto, entonces tampoco era matemático. Y aún más, él mismo ha confesado que para resolver problemas matemáticos complicados, para resolver ecuaciones difíciles, a menudo recurría a sus amigos mejor preparados en este aspecto. Su mente más bien se caracterizó por esta visión profunda de la realidad, que le permitía ver los resultados antes de obtenerlos por la solución de los cálculos matemáticos. Para él las ecuaciones eran sólo la expresión de las relaciones entre los diferentes factores que influyen en un fenómeno y de cuyas relaciones resulta el valor de la incógnita que se busca.

Es ésta tal vez la razón por que a menudo se ha hecho hincapié en la circunstancia de que su obra no era original, de que otros ya habían anunciado antes sus conceptos. No hay duda que se basaba y tuvo que basarse en los resultados de estudios de otros. Antes que él, ya el físico holandés "Lorentz" había hablado de la contracción de las longitudes en movimiento, pero cuán lejos quedó él de los resultados de Einstein, que ha llevado este pensamiento hasta sus últimas consecuencias. Gran parte de sus trabajos se basaban, como luego veremos, en la teoría de las cuantas enunciadas por el gran físico Planck al principio de este siglo. Pero la aplicación de esta teoría a fenómenos en apariencia totalmente ajenos, la generalización de este concepto muestra nuevamente la originalidad de sus pensamientos, la penetración profunda de su espíritu y la amplitud de sus conocimientos que le permitían encon-

trar relaciones entre campos que en apariencia eran completamente ajenos entre sí. La idea de despreciar la obra de otros estaba, por lo demás, tan lejos de sus pensamientos, que en una oportunidad expresó que cualquier progreso debería poder relatarse en el espacio de una o dos páginas, tomando como base lo conocido. Así él mismo consideró sus trabajos como meros complementos de otros anteriores y como pasos de enlace para la obra de otros. Y cuántos han sido los que en sus descubrimientos se han basado, aplicando especialmente las ideas de su teoría de la relatividad. Es así que, como su persona forma un eslabón en la cadena de investigadores en el mundo en que vivía, sus trabajos forman parte del progreso de la ciencia en el tiempo, representándose así simbólicamente esta analogía de espacio y tiempo, que es una de las bases de la teoría general de la relatividad.

Quiero ahora en pocas palabras señalar algunos de los progresos de mayor trascendencia que la física debe a Einstein. Uno de los primeros fenómenos que le interesaban era el comportamiento de finísimas partículas sólidas suspendidas en líquidos. Ya en 1901 publicó un trabajo relacionando los cambios de energía superficial de tales partículas con su calor específico. A partir de 1905 desarrolló una teoría del llamada movimiento Browniano de las partículas de tales suspensiones, teoría que lo explicaba y que aclaraba la aparente discrepancia que este movimiento continuo significaba en relación con la ley, según la cual no es posible generar energía de la nada. Mostró que eran los choques de las moléculas del mismo líquido que causaban estos movimientos de partículas mucho más grandes y sus reflexiones permitieron calcular el número de moléculas en una masa definida. Al poder contarlas comprobó su existencia real, que en ese entonces todavía se ponía en duda por sabios como Ostwald y su escuela.

En el mismo año 1905 enunció la equivalencia entre la energía de radiación y la del movimiento de electrones que esta radiación produce. Su teoría permitió la explicación del efecto foto-eléctrico y la determinación exacta de una de las magnitudes funda-

mentales de la física, el del quantum del efecto, factor básico de la teoría de Planck.

Difícilmente se podrá exagerar la importancia teórica que tenían estos estudios que generalizaron la teoría de Planck en forma inesperada y genial. Mientras que Planck solamente había considerado la cuantización de la energía en las fuentes emisoras y receptoras de la luz, Einstein concibió la idea de que la radiación misma era formada por partículas individuales separadas entre sí, indivisibles como los átomos materiales, partículas que hoy llamamos fotones. La magnitud de estas partículas y, por lo tanto, su energía, varía enormemente al pasar de los rayos más cortos —rayos X— a través de los de la luz visible a los rayos muy largos —electromagnéticos—. No es simplemente la intensidad de la luz —es decir el total de energía que contiene— la que cuenta para producir determinados efectos. Es la calidad de ella —la que vulgarmente se llama “su color”— que decide. Por esto una luz ultravioleta de muy poca intensidad puede producir reacciones que cantidades mil veces mayores de luz roja no logran obtener. La luz no es un fenómeno uniforme, sino —igual a la materia que se presenta en un sinnúmero de diferentes cuerpos— también la luz es múltiple y cada clase tiene sus propiedades definidas, caracterizadas por su frecuencia, la que en la parte visible se manifiesta como su color.

Este trabajo que aparentemente no podía tener ninguna aplicación práctica en realidad la ha tenido en forma insospechada. Todos vosotros conoceréis el fotómetro que permite determinar la intensidad de la luz, para apreciar el tiempo exacto de exposición en fotografía, instrumento basado en esta equivalencia. El mismo principio permitió aclarar la naturaleza de los rayos X y en lo futuro tal vez podrá permitirnos aprovechar la energía del sol para producir directamente energía eléctrica y resolver así el problema de la escasez de energía, que —una vez agotadas las reservas de combustibles fósiles y de uranio— amenaza la sobrevivencia de la humanidad.

Otra aplicación importante de la teoría de los cuantos relacio-

nada con el calor específico de los elementos sólidos, desarrolló en 1907 y con ella nuevamente aclaró observaciones anteriores aparentemente inexplicables.

Pero en el mismo año 1905 salió a la luz su primer trabajo sobre la teoría de la relatividad especial que más tarde ensanchó y que sin duda significa la más grande de sus obras. Ya en ese entonces no sólo enunció la equivalencia de energía y materia. Calculó el factor que las relaciona y resultó igual al cuadrado de la velocidad de la luz, la famosa fórmula $E = mc^2$. No podría explicar cómo llegó a este resultado. Sólo quiero señalar que fué la consecuencia de un análisis profundo de los conceptos básicos de espacio y tiempo y de sus relaciones con lo que llamamos materia. En estos estudios se demuestra con la mayor claridad este afán de aclarar los conceptos básicos del cual hablé al principio y que había señalado como característico suyo. Cuántos otros habían usado los términos energía, materia, espacio, etc... sin mirar su verdadero significado. Para él, materia y energía ya no eran nociones distintas, sino, más bien, aspectos diferentes de la misma cosa, relacionados entre sí como el anverso y reverso de la misma medalla. Según cuáles sean los métodos de observación, la misma partícula tiene propiedades materiales o efectos energéticos y así se explica la posibilidad de transformar materia en energía, posibilidad que hasta ahora desgraciadamente ha conducido a la bomba atómica, pero que deja entrever para un futuro cercano la aplicación pacífica de la energía nuclear.

Los estudios de la teoría de la relatividad especial y general han tenido una repercusión insospechada en nuestras ideas sobre el universo en que vivimos. Una de las primeras consecuencias señaladas por Einstein era la desviación de la luz de su camino recto al pasar cerca de una masa grande como la del sol. Se observó este fenómeno en forma cualitativa en el primer eclipse del sol por la luna, después de la fecha en que había sido enunciado por Einstein. Desde ese entonces ha sido comprobado cuantitativamente en muchas oportunidades. Y surgieron otras explicaciones cosmológicas.

Desde luego, Einstein reformó nuestra idea sobre el espacio demostrando que la idea del espacio sólo tiene base en relación con la materia que contiene. Espacio vacío, absoluto, no existe, como tampoco existe un movimiento absoluto. En realidad, ¿cómo podrá fijarse la posición de un objeto en el espacio si no hubiese otros objetos con los cuales esta posición se puede relacionar? ¿Cómo podrá comprobarse su movimiento, sino en relación con otros cuerpos que se consideran en reposo?

Pero la presencia de la materia además deforma el espacio, modifica sus proporciones, así que el concepto que Euclides había dado a la geometría no se puede aplicar en forma general, quedando, sin embargo, válido para dimensiones relativamente chicas. Iguales alteraciones sufre la noción movimiento y la del tiempo tan íntimamente relacionado con el primero. No existen, como acabo de señalar, movimientos absolutos sino sólo relativos. La discusión sobre si la tierra gira alrededor de su eje o si todo el espacio gira alrededor de ella, no tiene sentido y sólo la mayor simplicidad de la primera de estas premisas, recomienda usarla. Acontecimientos que se efectúan simultáneamente para un observador en reposo, no lo parecen así a un observador en movimiento; el tiempo mismo ya no tiene valor absoluto. Finalmente la velocidad de la luz adquiere una importancia insospechada, no solamente porque aparece en la fórmula que relaciona la materia con la energía, sino por el hecho de que significa la velocidad máxima posible y, por lo tanto, no se altera aunque estuviera en movimiento el cuerpo que la emite. Estoy seguro que, por lo menos, a muchos de ustedes tales enunciaci-ones aparecerán extrañas por no decir disparatadas, en discrepancia con las observaciones diarias y completamente inexplicables. No obstante, un examen más profundo lleva a aceptarlas porque resuelven una infinidad de problemas, como el del éter en movimiento o en reposo del cual se suponía que llena el espacio y de cuya existencia ahora se puede prescindir. No será posible explicar, ni comprender tales ideas y sólo queda la posibilidad de acostumbrarse a ellas, tal como sucedió con otras ideas tan inexplicables y que

ya no nos llaman la atención. ¿O será menos inexplicable la existencia de una fuerza de gravitación que es la causa de que las cosas caen hacia abajo y de que el sistema solar y todas las estrellas se mantienen en sus órbitas? En sus últimos trabajos Einstein trató de abordar este antiguo problema y de relacionar la gravitación con las fuerzas de atracción eléctricas y magnéticas para llegar así a una concepción única del universo y de las fuerzas que lo dirigen.

La muerte lo ha sorprendido antes de poder terminar estos estudios. Otros más afortunados, porque podrán disponer de los resultados obtenidos por él, tendrán que proseguir estos trabajos, guiados por el ejemplo del hombre humilde y grande, grande por su genio y grande por ser humilde.