

# GENIOS DE LA FÍSICA Y LA MATEMÁTICA (DÉCIMA PARTE): ALBERT EINSTEIN (1879-1955)

■ Patricia M. Morones Ramírez\*

■ J. Rubén Morones Ibarra\*\*

## INTRODUCCIÓN

**A**lbert Einstein nació el 14 de marzo de 1879 en la ciudad de Ulm, Alemania. Sobre su vida y su obra se han escrito muchas páginas lo que lo ha convertido en el científico más conocido, respetado y admirado del mundo. Su nombre y su rostro son conocidos en todo el mundo, representando al prototipo del científico y a la inteligencia humana en su máximo nivel de desarrollo. La extraordinaria inteligencia de Einstein ha sido objeto de innumerables comentarios y debates. Al grado tal que un equipo de científicos le hizo la petición de que autorizara que su cerebro fuera estudiado después de su muerte. Einstein accedió a la petición autorizando a los médicos del Princeton Hospital, en Nueva Jersey, de que a su muerte su cerebro fuera extraído de su cuerpo para analizarlo.

Sus contribuciones a la ciencia y al conocimiento de las leyes de la naturaleza produjeron cambios profundos en nuestra manera de ver el mundo. A partir de sus teorías, los conceptos fundamentales de espacio tiempo y materia Newtonianos sufrieron fuertes modificaciones. El espacio y el tiempo absolutos, así como la masa de los cuerpos establecidos por Newton, se volvieron conceptos relativos después de Einstein. Por eso hablamos ahora de la relatividad del tiempo y del espacio, así como de la relatividad de la masa. Este es el origen del nombre de la teoría de Einstein, llamada Teoría de la Relatividad.

Quienes lo conocieron dicen que era una persona amable y de espíritu noble. Características estas de los verdaderos sabios. Los sabios auténticos se

caracterizan por su humildad y su bondad, además de poseer una gran cantidad de conocimientos. Albert Einstein cumplía a cabalidad con estas características.

## INFANCIA Y JUVENTUD DE EINSTEIN

Se ha mencionado mucho que Einstein tuvo una niñez nada brillante, por el contrario, se le veía como un niño retraído. Su familia llegó a pensar que posiblemente tuviera una especie de retraso mental debido a que



La llegada

\*Licenciatura y Maestría en Ciencias de los Alimentos por la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL. Actualmente se desempeña como docente de Matemáticas en la Preparatoria Núm. 25 de la misma institución.

\*\*Licenciado en Ciencias Físico-Matemáticas por la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la UANL. Maestría en Física Teórica en la UNAM y Doctorado en Física Nuclear Teórica en la Universidad de Carolina del Sur, en EE. UU. Email: rrmorones@fcfm.uanl.mx

no aprendió a hablar sino hasta después de los tres años. Con el propósito de darle una buena formación para su ingreso a la escuela, a la edad de cinco años sus padres contrataron a un profesor privado para que lo preparara adecuadamente. Desde niño, su madre que era pianista buscó iniciarlo en la música. Tomó clases de violín a la edad de cinco años y esto se convirtió en un verdadero pasatiempo durante toda su vida. Disfrutaba enormemente tocando el violín y se dice que tenía mucha habilidad para ejecutarlo.

Los estudios de primaria y secundaria los realizó en Múnich. Ingresó a la escuela primaria pero nunca destacó en nada. A los trece años abandonó la escuela, solamente con el certificado de secundaria. Cuando tenía 13 años le regalaron el libro *Los Elementos*, de Euclides. Esto constituyó para él un parte-aguas en su vida. Consideró a este libro como uno de los más hermosos de todos los que se han escrito. Se convirtió en su libro de cabecera. De la obra de Euclides, Einstein expresó la siguiente idea: Si Euclides con su geometría no despierta en un joven un gran entusiasmo entonces ese joven no tiene vocación para científico.

En Zurich, Suiza inició la preparatoria, pero no la terminó. Posteriormente se trasladó a la ciudad suiza de Aarau donde se matriculó para ser profesor de física y matemáticas pero tampoco terminó. Solicitó ingreso en el Politécnico de Zurich donde fue aceptado después de aprobar el examen de admisión. A los 21 años obtuvo el diploma de físico-matemático. Al terminar su carrera solicitó empleo sin tener éxito en el Politécnico de Zurich.

En el año de 1921 renunció a la ciudadanía alemana y se nacionalizó suizo. En Berna, trabajó como profesor dando clases particulares de física y matemáticas entre 1901 y 1902. Su primer trabajo formal fue en la oficina de patentes de Berna, donde empezó a trabajar en junio de 1902 permaneciendo ahí durante 7 años.

## PRIMEROS LOGROS CIENTÍFICOS. EL AÑO MILAGROSO O MARAVILLOSO.

Durante su período de trabajo en la oficina de patentes de Berna, Einstein desarrolló varios trabajos que después lo hicieron famoso. Entre los años 1905-1906, Einstein publicó seis artículos que hicieron historia por su gran impacto científico. Cinco artículos

los publicó en 1905, por esta razón, a este año se le ha llamado el año maravilloso de la física.

Los trabajos publicados fueron los siguientes:

1. Su tesis, titulada: *"Una nueva determinación de las dimensiones moleculares"*.

2. Un artículo, titulado: *"Sobre el movimiento de pequeñas partículas suspendidas en un líquido y la teoría cinético-molecular del calor"*.

3. El tercer artículo lo tituló: *"Un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz"*. En este artículo propuso que la luz consiste de partículas o corpúsculos a los que Planck y Einstein llamaron quanta o cuantos de luz y que ahora se conocen como fotones.

4. El título del cuarto artículo fue: *"Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento"*. Un título demasiado modesto, si consideramos el contenido revolucionario del mismo, pues en él se establecen las bases de la teoría especial de la relatividad.

5. El título de este quinto artículo fue: *"¿Depende la inercia de un cuerpo de su contenido de energía?"*. En este artículo establece su más famosa ecuación, que relaciona la masa y la energía. Este artículo provocaría un inmenso impacto científico, tecnológico y social, ya que cambiaría el rumbo de la historia.

Al año de 1905 en la vida de Einstein se le ha llamado *Annus mirabilis* (año maravilloso o año milagroso) por este conjunto de artículos de alto impacto científico que publicó Einstein en ese año.

## IMPACTO DE ESTAS PRIMERAS CINCO PUBLICACIONES DE EINSTEIN

En los primeros dos artículos mencionados Einstein difunde los resultados obtenidos en el estudio de lo que le ocurre a las partículas de polen suspendidas en un líquido. Este fenómeno fue descubierto por un científico inglés de nombre Robert Brown en el año de 1827. Al observar al microscopio las partículas de polen se les veía con un movimiento aleatorio incesante, como si algo las empujara o

tuvieran capacidad de movilidad autónoma. Durante casi ochenta años, nadie había podido explicar el fenómeno.

En esa época, muy pocos científicos aceptaban la existencia de los átomos, Einstein era uno de los que creían que los átomos y las moléculas existen y había elaborado un modelo matemático, basado en conceptos estadísticos, para describir el movimiento de las moléculas en un líquido. Este modelo lo utilizó para explicar el famoso movimiento Browniano, el cual resulta de los choques de las moléculas con las partículas suspendidas en el líquido. Con este resultado resolvió el problema del movimiento Browniano y a la vez la comunidad científica aceptó de manera casi general, la existencia de los átomos y las moléculas, de la cual en ese tiempo todavía se dudaba.

En la tercera publicación, como ya se mencionó, se introduce el concepto de comportamiento corpuscular de la luz, lo cual sería fundamental para el desarrollo posterior de la teoría cuántica. En ese trabajo explicaba el fenómeno conocido como efecto fotoeléctrico que consiste en la emisión de electrones por una placa metálica cuando es iluminada con luz. Este fenómeno resultaba ser incompatible con la teoría clásica de la luz que es la teoría ondulatoria. Einstein explicó este fenómeno de una manera notablemente simple, proponiendo un comportamiento corpuscular de la luz. Por este trabajo se le otorgó el Premio Nobel de Física en el año de 1921.

El impacto científico del cuarto artículo fue enorme ya que introdujo fuertes modificaciones en las concepciones del espacio y el tiempo. Terminó con los conceptos Newtonianos de espacio y tiempo absolutos, quedando estos conceptos como cantidades relativas que dependen del observador que las mide.

En el quinto artículo, con el título, "*¿Depende la inercia de un cuerpo de su contenido de energía?*", introduce una de las ecuaciones más conocidas de la física, la relación entre la masa y la energía:  $E = mc^2$ . Los impactos científicos y tecnológicos de los resultados que se dan a conocer en este artículo son gigantescos. En el aspecto científico tenemos que todo el desarrollo de las teorías modernas sobre la física de partículas y la física nuclear están de alguna manera apoyados en estos resultados.

También la explicación del origen de la energía de las estrellas tiene su explicación en la relación entre la masa y la energía encontrada por Einstein. Por otra parte, el impacto tecnológico de esta relación lo vemos en el desarrollo de toda la tecnología nuclear, las plantas nucleares basadas en los reactores de fisión, así como los estudios que se realizan sobre fusión nuclear. Así mismo, esta ecuación motivó que se buscara la posibilidad de fabricar la bomba atómica. Las bombas nucleares: la llamada bomba atómica y la bomba de hidrógeno son resultado de la conversión de materia en energía.

Los resultados del cuarto y quinto artículos condujeron a que los conceptos fundamentales de espacio tiempo y materia adquirieran una característica diferente: perdieron el carácter absoluto de la teoría Newtoniana pasando a ser conceptos relativos, es decir, dependen del observador. Estos dos artículos dieron origen a una nueva teoría, que ahora conocemos como Teoría Especial de la Relatividad. Su nombre proviene del carácter relativo de los conceptos de espacio, tiempo materia. El nombre de Especial se refiere a que solo se aplica a observadores que se mueven unos con respecto a otros con velocidad constante. Diez años después Einstein generalizaría esta teoría al desarrollar la Teoría General de la Relatividad, de la que hablaremos más adelante.

El siguiente año, 1906 publicó un artículo más, el cual es considerado como el primer trabajo sobre física cuántica. Su título fue: "*La Teoría de Planck de la Radiación y la teoría de los calores específicos*". Con este artículo cerraba Einstein su primer período de grandes contribuciones a la física y su inicio como científico de gran nivel.

En 1908 ingresó como profesor a la Universidad de Berna. El siguiente año se trasladó a la Universidad de Zurich donde fue contratado como profesor adjunto de física teórica. Posteriormente, en 1914, invitado por Planck, se trasladó a Berlín donde fue contratado en la Universidad de Berlín. Ahí permaneció hasta 1933, cuando Hitler toma el poder en Alemania. Se trasladó a Estados Unidos donde fue contratado en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, Nueva Jersey. Ahí permaneció hasta su muerte ocurrida en 1955.

## LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD

En su artículo "*Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*" establece las bases de la Teoría Especial de la Relatividad (TER). En este trabajo se explican una serie de resultados experimentales que habían permanecido como una profunda contradicción entre las hipótesis de la propagación de la luz y el valor de la velocidad misma de esta. Estos experimentos fueron realizados durante el año de 1887 y fueron repetidos posteriormente en varias ocasiones, cada vez con mayor precisión, por otros equipos de científicos llegando a los mismos resultados. Estos experimentos fueron realizados inicialmente por los científicos norteamericanos Albert A. Michelson y Edward W. Morley.

La motivación de los experimentos de Michelson y Morley se generó en el descubrimiento de Maxwell de que la luz es una onda electromagnética, lo cual se probó experimentalmente al poco tiempo. En esa época reinaba un pensamiento mecanicista entre los físicos, quienes introdujeron el concepto de éter para explicar la propagación de la luz. Puesto que todas las ondas conocidas requerían un medio para propagarse, y la luz que nos llega de las estrellas se propaga a través de un espacio que no contiene nada conocido, se propuso que ese espacio está lleno de una sustancia, desconocida hasta ese entonces, a la que se le dio el nombre de éter.

El objetivo de los experimentos de Michelson y Morley era detectar la presencia del éter midiendo la velocidad de la luz en diferentes direcciones. Lo que encontraron es que no se observaba la influencia del éter en el movimiento de la luz. A este resultado se le conoce como los resultados negativos de los experimentos de Michelson y Morley.

La explicación de Einstein a este resultado negativo fue de una enorme simplicidad, pero de un gran ingenio, ya que rompía con los paradigmas establecidos en ese entonces en la física. Einstein negó la existencia del éter y propuso como postulado que la velocidad de la luz en el vacío es independiente del movimiento de la fuente y del observador.

Dos son los postulados fundamentales de la TER que condujeron a un cambio en nuestras



Sin título

concepciones de espacio y tiempo. El primer postulado establece que "Todas las leyes de la física tienen la misma forma matemática en todos los marcos de referencia inerciales". El segundo postulado es: "La velocidad de la luz en el vacío es una constante que es independiente del movimiento de la fuente de luz".

El primer postulado se conoce como Principio de Relatividad de Einstein. Este principio o postulado ya había sido establecido por Galileo para la mecánica, pero después de que se desarrolló el electromagnetismo se encontró que no era aplicable a esta teoría. Para los fenómenos electromagnéticos se suponía la existencia de un marco de referencia privilegiado, que era el sistema del éter, donde tenían validez las ecuaciones de Maxwell. El resultado negativo de los experimentos de Michelson y Morley para detectar el sistema del éter, condujo a Einstein a desechar la hipótesis del éter y generalizar el principio de relatividad para incluir al electromagnetismo. El

segundo postulado fue también consecuencia del resultado negativo del experimento de Michelson y Morley.

Para que los postulados de Einstein fueran aplicables a ambas teorías, el electromagnetismo y la mecánica, fue necesario modificar la mecánica Newtoniana. A la nueva mecánica se le dio el nombre de mecánica relativista. Ambas teorías, el electromagnetismo y la mecánica relativista, cumplen con los postulados de la TER.

## DIEZ AÑOS DE TRABAJO INTENSO

Einstein publicó su trabajo sobre la Teoría Especial de la Relatividad cuando tenía 26 años de edad. A una pregunta expresa sobre el tiempo que le tomó desarrollar esta teoría Einstein contestó que había empezado a pensar en este tema a los 16 años y que le tomó 10 años concluirlo. Después de muchos intentos para construir una teoría que fuera compatible con el principio de relatividad y que incluyera a la mecánica y al electromagnetismo de manera conjunta, sospechó que el problema estaba en la hipótesis sobre el tiempo.

Un suceso en la física es un fenómeno que ocurre en un lugar del espacio, en un tiempo determinado. Para localizar un suceso se requiere un marco de referencia en un espacio de cuatro dimensiones. Estas dimensiones son: las tres del espacio más otra que es la del tiempo. Cada suceso queda determinado por cuatro coordenadas, tres espaciales y una temporal.

En la mecánica Newtoniana el tiempo es absoluto, lo que significa que el intervalo de tiempo entre dos sucesos cualesquiera siempre tendrá el mismo valor para todos los observadores. Este fue el punto que Einstein consideró que era la causa de la incompatibilidad del electromagnetismo con el principio de relatividad. La mecánica relativista corrige este resultado al establecer que el intervalo de tiempo depende del observador. Es así como el tiempo se convierte en una variable relativa. A esto se le conoce como la relatividad del tiempo. Exactamente lo mismo ocurre con las variables espaciales: la distancia entre dos sucesos no es la misma para todos los observadores. Por eso se dice que el espacio es relativo.

## LOS EXPERIMENTOS MENTALES.

Una de las grandes cualidades de Einstein, entre las muchas que tuvo, era su gran habilidad para formular experimentos en su mente. Un tipo de experimentos que eran difíciles o imposible de realizar. Un ejemplo de ellos es el que generó cuando se hizo la pregunta de qué ocurriría si se montaba en un rayo de luz. ¿cómo se vería la luz si él viajaba junto a ella? Otros experimentos pensados o imaginados por él, lo llevaron a construir ideas nuevas. En su vida como científico abundan experimentos mentales que involucran elevadores y trenes en situaciones muy especiales que le permitieron imaginar lo que ocurriría en tales circunstancias. Estos experimentos pensados fueron un importante recurso que utilizó para elaborar sus revolucionarias teorías.

## TEORÍA GENERAL DE LA RELATIVIDAD

La teoría especial de la relatividad es aplicable solamente en marcos de referencia inerciales, es decir no acelerados. Esta restricción, no tenía satisfecho a Einstein, quien pensaba en la posibilidad de una generalización que incluyera todo tipo de marcos de referencia. A la TER se le conoce también como Teoría Restringida de la Relatividad, haciendo alusión al hecho de la restricción a marcos de referencia no acelerados. El problema de la generalización de la teoría de la relatividad resultó ser un problema muy complicado que requirió un esfuerzo extraordinario para lograr la meta.

La idea fundamental se le ocurrió a Einstein en uno de sus experimentos mentales que él acostumbraba a imaginar. Pensó en lo que sucedería si alguien se encuentra dentro de un elevador que se desplome libremente, es decir, si cae en caída libre. En este caso si la persona estuviera sobre una báscula, esta indicaría un peso cero. Es decir, la persona siente que no pesa. Así mismo si la persona suelta, por ejemplo, una moneda, ésta no caerá, se quedará suspendida, en reposo respecto a la persona dentro del elevador. En síntesis, la persona no sentirá el efecto del campo gravitacional: no siente su peso ni observa que los objetos caen. "Este elevador que resulta ser un marco de referencia acelerado, produce el efecto de anular la gravedad".

Por otra parte, como complemento del experimento mental anterior, si la persona se encuentra dentro de una caja cerrada (un elevador) en el espacio libre, donde no haya campo gravitacional y algún mecanismo estira el cable del elevador acelerándolo "hacia arriba" (en dirección del piso al techo) respecto a la posición de la persona, ésta sentirá que tiene peso, ya que el piso se moverá aceleradamente "hacia arriba". Con estas ideas, Einstein estableció el Principio fundamental de su teoría general de la relatividad. Este principio, conocido como Principio de Equivalencia, establece que un marco de referencia acelerado en ausencia de un campo gravitacional, es equivalente a que se estuviera en un campo gravitacional. No existe ningún experimento que pueda hacerse dentro de la caja acelerada, sin campo gravitacional, que nos permita distinguir si se está en un campo gravitacional o no.

La equivalencia entre un elevador acelerado en una región donde no hay campo gravitacional y un elevador en caída libre en un campo gravitacional,



Sin título

condujo a Einstein a plantear su Principio de Relatividad General. Este Principio se puede expresar así: Todas las leyes de la física tienen la misma forma matemática en todos los marcos de referencia.

Einstein imaginó un experimento más en el elevador acelerado en ausencia de un campo gravitacional. Si se dirige un rayo de luz de una pared a otra dentro del elevador en dirección perpendicular a la aceleración, se observará que el rayo de luz se desvía en dirección opuesta a la aceleración. Estableciendo la equivalencia entre esta situación con la de un elevador fijo en un campo gravitacional, Einstein concluyó que el rayo de luz debe ser desviado por un campo gravitacional. Este resultado fue confirmado experimentalmente por la expedición científica del astrofísico británico Arthur Eddington en África durante el eclipse del 29 de marzo de 1919. Este grupo de científicos liderado por Eddington realizó el experimento de medir la desviación de la luz al pasar cerca del Sol. La confirmación experimental de este fenómeno lanzó a la fama mundial a Einstein.

El resultado de este trabajo lo publicó en 1916 con el título, "*The Foundation of the General Relativity*" (Los Fundamentos de la Relatividad General). Este fue su más relevante trabajo. La Teoría General de la Relatividad es una teoría maravillosa, producto de la mente genial de un hombre excepcional que a la vez trabajó intensamente para lograr dar forma y término a esta teoría.

## IMPACTO CIENTÍFICO DE LA RELATIVIDAD GENERAL

Una de las más notables predicciones de esta teoría es, como ya se mencionó, que un rayo de luz se desvía al pasar cerca de una estrella. Este fenómeno fue confirmado durante el eclipse total de Sol de 1919. En septiembre de 1919, Einstein recibió un telegrama donde le informaban que su predicción sobre la desviación de la luz al pasar cerca del Sol, había sido confirmada por las observaciones del famoso astrofísico inglés Eddington.

El presidente de la Royal Society of London dio a conocer oficialmente el descubrimiento de la desviación de la luz. Mencionó en su discurso que éste era el más importante resultado sobre la teoría de la gravitación desde la época de Newton. Este resultado está entre los más grandes logros

del pensamiento humano. Después se confirmarían experimentalmente otras dos notables predicciones de la teoría general de la relatividad: el avance del perihelio de Mercurio y el corrimiento hacia el rojo de la luz proveniente de las estrellas.

Con esto inició su fama mundial. Recibió invitaciones de todo el mundo y a dondequiera que iba recibía honores. Se dio un fenómeno mundial de admiración y fascinación por la figura de Einstein.

Generalizar el Principio de Relatividad representó para Einstein un esfuerzo inmenso. Trabajó intensamente en este tema durante ocho años. En este esfuerzo necesitó usar una sofisticada herramienta matemática llamada análisis tensorial donde aplicó la geometría de Riemann a la estructura matemática del espacio-tiempo.

A partir de Einstein el concepto de fuerza de gravedad dejó de existir como fuerza y se convirtió en un concepto geométrico. La presencia de una masa genera una fuerza de gravedad en cada punto del espacio, así lo estableció Newton. Einstein modificó esta idea de la siguiente manera: La presencia de una masa deforma el espacio-tiempo, produciendo una curvatura. Los objetos que se mueven en este espacio-tiempo curvo tienen que seguir trayectorias que minimizan la "distancia" en este espacio-tiempo curvo. Estas trayectorias del espacio-tiempo se conocen como geodésicas. Estas son las trayectorias elípticas que siguen los planetas en su movimiento en el espacio-tiempo curvo generado por el Sol. Ver la figura 2.

En opinión del connotado físico Max Born, la Teoría General de la Relatividad, representa "la mayor proeza de la reflexión del hombre sobre la naturaleza, la combinación más sorprendente de penetración filosófica, intuición física y capacidad matemática".

La teoría general de la relatividad predice la existencia de ondas gravitacionales. La detección de estas ondas requiere equipos de muy alta tecnología. En el año 2016, durante un cataclismo astronómico producido por el choque entre dos agujeros negros, que ocurrió en un lugar del universo a 1,400 millones de años luz de distancia de la Tierra, se generaron estas ondas gravitacionales que fueron detectadas por el observatorio LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory). Uno más de los

grandes acontecimientos científicos asociados con las teorías de Einstein. El premio Nobel de Física de 2017 se lo otorgaron a los científicos que detectaron estas ondas gravitacionales.

## LA TEORÍA DEL CAMPO UNIFICADO

Su último gran proyecto en el que trabajó hasta su muerte sin lograr completarlo, fue la búsqueda de una teoría unificada que uniera en una sola teoría los campos electromagnético y gravitacional. Sus ideas sobre esta unificación estaban enmarcadas en la física clásica, en este caso, en los campos clásicos sin interesarse por la teoría cuántica de campos.

Una de las pasiones de Einstein era buscar la unidad en los fenómenos físicos. Unificar los conceptos y las leyes de la física fue una de las metas de su vida. Einstein unificó el espacio y el tiempo en la teoría de la relatividad. Aun cuando el intervalo de espacio es relativo, así como también el intervalo de tiempo es relativo, ocurre que en un espacio-tiempo de cuatro dimensiones la combinación de los intervalos de tiempo y espacio en un solo intervalo, llamado intervalo de espacio-tiempo, este resulta ser absoluto. Este intervalo de espacio-tiempo resulta ser el mismo para todos los observadores. De esta manera, la invariancia del intervalo de espacio-tiempo unifica a ambos entes, el espacio y el tiempo en un solo concepto: el concepto espacio-tiempo.

Posteriormente en su teoría general de la relatividad unificó la fuerza de gravedad y la aceleración. De ahí en adelante, la fuerza de gravedad no fue más una fuerza sino una deformación del espacio-tiempo que obligaba a los cuerpos a seguir ciertas rutas, las llamadas curvas geodésicas. Estas como carreteras en el espacio-tiempo indican el camino a seguir por los cuerpos que se mueven en un campo gravitacional.

Extrañamente Einstein nunca se interesó por la física nuclear, un campo nuevo de la física que implica nuevas interacciones; las fuerzas nucleares. En sus ideas de unificación de las fuerzas de la naturaleza no estuvieron presentes nunca estos nuevos tipos de fuerzas.

## LA BOMBA ATÓMICA

En el año de 1939 los científicos Leó Szilárd y Eugene Wigner, ambos con una fuerte consciencia política y social, se comunicaron con Einstein para informarle sobre la idea de escribirle una carta al presidente de los Estados Unidos, Franklin D. Roosevelt, alertándolo sobre el peligro de una bomba atómica. La carta fue enviada en marzo de 1940 y tuvo como consecuencia la puesta en marcha del Proyecto Manhattan que tenía como propósito la fabricación de la bomba atómica. El desenlace de este proyecto fueron las detonaciones de dos bombas atómicas en Japón en agosto de 1945. Una de las bombas se arrojó en la ciudad de Hiroshima y la otra en la ciudad de Nagasaki. Después de esto Einstein quedó muy afligido y dedicó gran parte de su tiempo a luchar por la paz y la unidad mundial.

## RESULTADOS SORPRENDENTES DE LA RELATIVIDAD GENERAL

Kurt Goedel fue un matemático austriaco de origen judío que se interesó en el estudio de la teoría general de la relatividad. En el año de 1949 Goedel impartió una conferencia en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton que causó asombro en la concurrencia. En presencia del mismo Einstein, Goedel presentó un tipo de soluciones a las ecuaciones de la relatividad general que son cíclicas en el tiempo. Esto significa que bajo ciertas circunstancias el universo puede regresar a un estado ya pasado y evolucionar de manera idéntica a como lo ha hecho hasta ahora, repitiéndose las mismas situaciones que en el pasado. En otros términos, se produciría una sucesión idéntica de fenómenos y procesos que nos llevarían a regresar aquí, donde nos encontramos, usted lector leyendo nuevamente estas mismas líneas dentro de varios cientos de miles de millones de años. No se tendrá la memoria de que esto ya ocurrió porque los estados de elevada entropía por los que habrá pasado el universo habrán destruido el ordenamiento previo asociado a la memoria. Esta especie de reencarnación en nosotros mismos resulta ser posible solo en un universo en rotación, ya que esta es la condición que debe cumplirse para llegar a las soluciones obtenidas por Goedel. Como el universo que observamos no parece estar rotando, esta solución no sería aplicable a nuestro universo.

Después de la conferencia Einstein declaró que este tipo de soluciones, aún cuando no las conocía, la sola posibilidad de que existieran, le habían inquietado desde que inició los trabajos sobre su teoría de la relatividad general. Dijo que quedaba abierta la discusión del problema y que esperaba que en éste las soluciones cíclicas pudiera descartarse en base a fundamentos físicos.

La conclusión sobre este asunto es que, aun cuando la solución encontrada por Goedel de las ecuaciones de Einstein es matemáticamente correcta, las condiciones físicas para que sean satisfechas requieren que el universo esté girando, algo que no se observa. Tenemos entonces que en base a argumentos experimentales la solución encontrada por Goedel se puede desechar.

## EINSTEIN NO ERA INFALIBLE

Tres frases famosas de Einstein revelan su pensamiento científico y a su vez su actitud hacia las teorías que el mismo desarrolló o contribuyó a su desarrollo.

“El sentido común es el conjunto de prejuicios que se acumulan en la mente del ser humano antes de los 18 años”. Frase expresada para mostrar el origen del rechazo inicial a su Teoría de la Relatividad por muchos científicos. Con esta frase les hacía ver que sus argumentos para atacar su teoría no tenían orígenes científicos, sino mas bien se generaban en los prejuicios que tenían.

“Es más fácil destruir un átomo que un prejuicio”. Frase con la misma connotación que la anterior y mencionada con el mismo propósito. Lo sorprendente de estas dos frases es que se aplican exactamente a su actitud en su vida madura. En realidad Einstein fue obstinado con sus mismas creencias y prejuicios. Jamás se liberó de ellos. A él se le aplica a la medida, la frase del poeta José Emilio Pacheco: Somos todo aquello contra lo que luchamos cuando teníamos veinte años.

“Dios no juega a los dados”. Con esta frase Einstein mostraba su profunda convicción de que la naturaleza es determinista, es decir, que dadas las mismas condiciones bajo las cuales ocurre un proceso o fenómeno, este debe ocurrir de la misma manera. La mecánica cuántica ha probado que el



mundo no funciona así para los fenómenos a escala atómica.

Desde el desarrollo de la mecánica cuántica, siendo él mismo uno de los iniciadores de esta revolución científica que fue la mecánica cuántica, Einstein se opuso a la interpretación de la teoría. Dedicó mucho de su tiempo y esfuerzo a criticar la teoría cuántica. Su frase famosa: Dios no juega a los dados, era un reflejo de sus propios prejuicios. Einstein estaba casado con el concepto de causalidad y lo exigía en todas las teorías físicas. Siendo la mecánica cuántica una teoría no causal, la rechazaba por este motivo. Esto ocasionó que mientras que en la comunidad científica se producían abundantes trabajos de investigación en este nuevo campo, Einstein no publicaba nada relevante y se concentró solamente en atacar los fundamentos de la nueva teoría.

Einstein quien fuera uno de los fundadores de la mecánica cuántica se volvía contra ella argumentando ideas que estaban basadas en las concepciones clásicas. Einstein, quien desarrollo la teoría de la relatividad, generalizándola y llevándola a aplicaciones muy generales que involucran también al campo gravitacional, descubre la curvatura del espacio-tiempo. Con una creatividad e intuición geniales, de enorme originalidad, Einstein se limitó a sí mismo en su edad madura. Nunca se incorporó a las corrientes modernas de la física como la electrodinámica cuántica o la física nuclear.

Nunca se interesó por la formulación relativista de la mecánica cuántica, conocida como mecánica cuántica relativista. Siendo ambas teorías, la de la relatividad, creación de él y la mecánica cuántica resultado de sus primeras investigaciones.

Einstein se resistía a aceptar las consecuencias de sus propias teorías. Como ejemplo, tenemos el caso de la existencia de los agujeros negros. Los agujeros negros resultan ser una predicción de las ideas que él mismo generó. En el año de 1917, el físico alemán Karl Schwarzschild logra resolver las ecuaciones del campo gravitacional, obtenidas por Einstein, para el caso particular de una estrella con una distribución de masa esféricamente simétrica y sin rotación ni carga, encuentra que puede darse el caso de estrellas de donde no pueda escapar la luz. Cuando Einstein se entera de este resultado sorprendente, lo recibe con desagrado y lo rechaza

como una solución físicamente aceptable. Einstein buscó anular el resultado argumentando que estas estrellas no pueden existir ya que tendrían que estar girando a velocidades de rotación superiores a las de la luz.

Una situación similar ocurrió cuando el científico ruso, Alexander Friedmann aplica las ecuaciones de Einstein al universo como un todo, encuentra en general solo dos posibilidades de solución: Un universo que se expande por siempre y un universo que se colapsa. Pero no un universo estático. Einstein rechaza estos resultados, argumentando que aun cuando son matemáticamente correctos, físicamente son inaceptables. Para convertir sus ecuaciones en unas que no aceptaran las soluciones encontradas por Friedmann, Einstein introduce la constante cosmológica en sus ecuaciones. La constante cosmológica es introducida en las ecuaciones solamente para desechar las soluciones de un universo dinámico. Esta constante cosmológica que Einstein introduce a mano, sin ninguna otra justificación más que la de restringir las soluciones a aquellas que conduzcan a un universo estático. El significado físico que Einstein le atribuye a la constante cosmológica involucra una especie de fuerza anti-gravitatoria. La intuición física de Einstein le indicaba que esto debería ser así.

Todo esto lo hace Einstein a pesar de que creía firmemente en la idea de su admirado físico Arthur Eddington, quien decía que "El universo no tan solo es más extraño de lo que imaginamos sino más extraño aun de lo que podamos imaginar".

Algunos años después de que Einstein introduce la constante cosmológica, el astrónomo americano, Edwin Hubble, descubre con su telescopio que el universo está en expansión. Einstein, sorprendido por esta revelación, se da cuenta que sus ecuaciones originales ya contenían esta información, correspondiendo a un universo dinámico en expansión y declara que el haber introducido la constante cosmológica significó la medida de pata más grande de su vida.

Científicamente luchó contra las ideas de la nueva teoría cuántica a la que criticó fuertemente por considerar que era una teoría incompleta ya que se apartaba de conceptos que él consideraba fundamentales en toda ciencia de la naturaleza: el determinismo y la causalidad.

## EL CEREBRO DE EINSTEIN

La inteligencia de Albert Einstein ha sido motivo de estudio por diversos profesionales de la psicología, la fisiología humana y la sociología. Einstein es considerado un prodigio de la especie humana, al lado de otros grandes personajes como Aristóteles, Galileo y Newton. Su extraordinaria intuición y su imaginación junto con sus logros científicos muestran las poderosas facultades del cerebro humano y lo que se puede lograr en una vida.

Einstein es el prototipo del hombre de ciencia, del científico por excelencia y su imagen es conocida en todo el mundo. La figura de su rostro con el cabello blanco alborotado y su mirada bondadosa, es representativa del genio y del científico. Einstein simboliza a la inteligencia humana en su más elevado desarrollo. Su obra y su vida son de interés para estudiosos de la inteligencia, la psicología y la ciencia en general. En un homenaje que se le rindió a Einstein en Londres en el año de 1937, el escritor inglés Bernard Shaw dijo que entre los grandes hombres la humanidad menciona a los hacedores de imperios, como Napoleón. Sin embargo, dijo, hay hombres que van mucho más allá de eso, ellos son creadores de universos y Einstein, como Newton, es uno de ellos.

Albert Einstein murió en Princeton, New Jersey el 18 de abril de 1955. Einstein había autorizado que su cerebro fuera separado de su cuerpo para ser estudiado y analizado en un laboratorio por varios científicos. La excepcional inteligencia de Einstein, que impactó al mundo científico, provocó que un grupo de científicos le hicieran la petición de que permitiera que su cerebro fuera estudiado después de su muerte. Einstein accedió a la petición autorizando a los médicos del Princeton Hospital, en Nueva Jersey, de que a su muerte su cerebro fuera extraído de su cuerpo para analizarlo. El médico patólogo Thomas Harvey, fue el encargado de practicar la extracción. Se puede encontrar alguna información en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3979509>

Una anécdota revela que el 19 de abril de 1955, el día siguiente de la muerte de Einstein, en una escuela primaria de Princeton, una maestra preguntó a sus alumnos de quinto año que si tenían alguna noticia relevante para comentarla en clase. Una niña levantó la mano y dijo: Einstein murió ayer. Enseñada

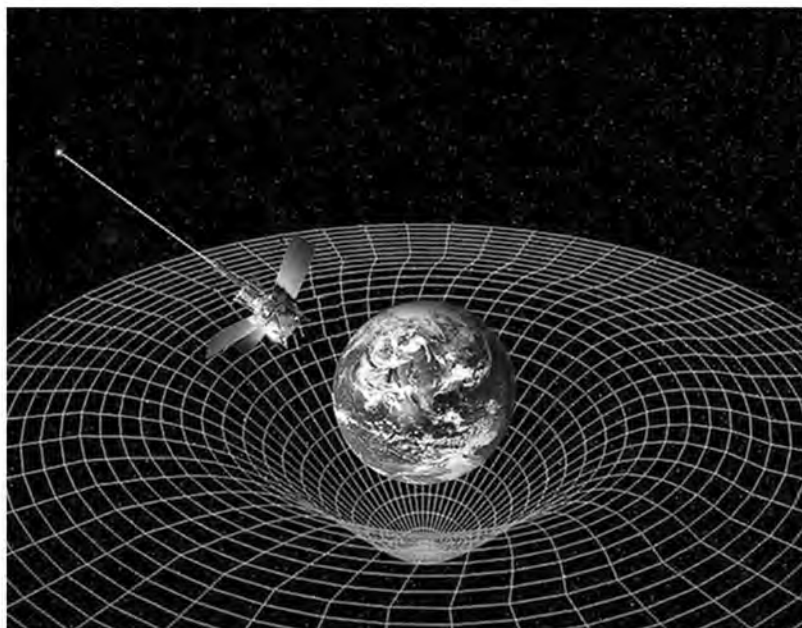
un niño agregó: Mi papá tiene el cerebro de Einstein. De esta anécdota se desprenden dos enseñanzas que considero valiosas para la educación elemental; la primera es, que es importante iniciar cada día de clase, como muy probablemente lo hacía la maestra mencionada en esta anécdota, interrogando a los alumnos sobre si tienen noticias de algún suceso reciente que sea relevante. Segunda: esto inspira o motiva a los alumnos a enterarse de lo que ocurre en el mundo o en la sociedad en la que viven. La información que cada uno de nosotros considera importante así como las decisiones que tomamos da muestra de nuestros intereses y nuestra escala de valores. Un niño que considera que la muerte de un notable científico, escritor, pintor o artista en general, es una noticia para ser difundida y comentada, muestra su interés por la ciencia, la cultura y el conocimiento en general. Estos valores son los que debemos transmitir a los niños para construir una sociedad que reconozca a los grandes hombres, a los benefactores de la humanidad, a quienes dignifican a la especie humana. Debemos cultivar estos valores

## SUS ÚLTIMOS AÑOS

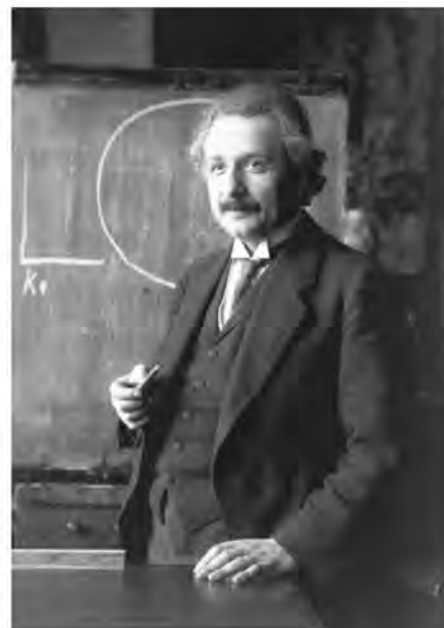
Tras el triunfo del partido nazi en Alemania, Einstein se mudó a Estados Unidos en 1933 renunciando a la ciudadanía prusiana y adoptando la ciudadanía estadounidense.

Einstein llegó a Estados Unidos en el año de 1933. Se incorporó como investigador en el Instituto de Estudios Avanzados en Princeton, Nueva Jersey donde trabajó hasta su muerte. Podemos decir que con su llegada a EUA empezó la etapa final de su vida como científico, en el sentido de que dejó de crear nuevas ideas en la ciencia ya que destinó gran parte de sus actividades hacia asuntos no científicos. Se interesó por los problemas sociales y temas filosóficos y tuvo una gran participación en los asuntos políticos. Al finalizar la segunda guerra mundial, después de la derrota de Alemania y las explosiones nucleares en Japón, luchó por la paz mundial y el desarme y se ocupó de asuntos morales y éticos relacionados con las aplicaciones de la ciencia. Debido a su fama de científico y su reconocida calidad moral intachable, fue buscado por científicos, políticos famosos y líderes mundiales para conocer sus opiniones sobre problemas científicos, políticos y sociales, a los que dedicó mucho de su tiempo.

En 1955 Einstein sufrió de un dolor abdominal que lo llevó al hospital donde murió el 18 de abril a la edad de 76 años.



Deformación del espacio por la presencia de un cuerpo con masa. La Tierra y un satélite girando alrededor de ella, siguiendo éste la curvatura del espacio-tiempo.



Albert Einstein a la edad de 42 años.