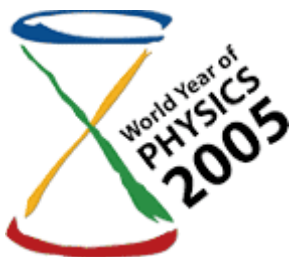


# 2005 - AÑO INTERNACIONAL DE LA FÍSICA

Artículos de Prensa de La Provincia y su tratamiento didáctico

Comentarios de textos de La Provincia y su guía de lectura  
(Material de trabajo)



GRUPO LENTISCAL DE DIDÁCTICA DE LA FÍSICA Y QUÍMICA



## 2005 - AÑO INTERNACIONAL DE LA FÍSICA

En el año 1905, Albert Einstein (1879-1955) publicó varios trabajos en la revista Annalen der Physik (Anales de Física). Uno de ellos sentó las bases de la «Teoría Especial o Restringida de la Relatividad». Otro trabajo de los publicados en ese mismo año, «El estudio del efecto fotoeléctrico», le valió el premio Nóbel de Física. Con posterioridad, en 1916, el mismo Einstein, publica la «Teoría General de la Relatividad».

En el año 2005 se cumplen, pues, 100 años de la publicación de la «Teoría Especial o Restringida de la Relatividad», en la que tomando como postulado la constancia de la velocidad de la luz, se establece la relación y equivalencia entre la masa y la energía y la ausencia de un sistema absoluto de referencia.

Estos descubrimientos, muy relevantes en el desarrollo de la Ciencia y de la Física, tuvieron igualmente una incidencia importante en otros aspectos de la vida cultural, social y política del momento y de épocas posteriores, siendo su autor una de las personalidades más destacada y en algunos aspectos controvertida del siglo XX, no sólo por su relevancia científica sino por las ideas y opiniones expresadas en otros aspectos culturales, sociales y políticos.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), teniendo presente que en 2005 se cumple el centenario de varios grandes descubrimientos científicos de Albert Einstein, de los cuales parte la física moderna, en su 90ª sesión plenaria de 10 de junio de 2004, ha proclamado el año 2005 como «El año Internacional de la Física», invitando a celebrar este centenario.

Nos unimos a esta conmemoración contribuyendo a impulsaren el ámbito escolar canario la conmemoración del I Centenario de la publicación de la Teoría Especial de la Relatividad, fomentando la reflexión sobre la ciencia y la cultura científica en todos los sectores e instituciones educativas de nuestra Comunidad Autónoma.

Debemos conmemorar este centenario programando en los centros educativos conferencias, debates y todo tipo de actividades que propicien la reflexión acerca de la ciencia, la cultura científica y los avances científicos y tecnológicos de la actualidad.

Para facilitar la realización de este trabajo les proporcionamos entre otro material una serie de artículos y documentos aparecidos a principios de Enero en la Provincia, junto con las guías de lectura, comentarios de texto, fichas de trabajo y documentos de apoyo que el Grupo Lentiscal de Didáctica de la Física y Química ha preparado para su tratamiento en el aula.

Tenemos como **objetivos:**

1. Fomentar el conocimiento de la Teoría Especial de la Relatividad, teniendo en cuenta los distintos niveles educativos en los que se desarrolle.
2. Analizar las relaciones que este descubrimiento científico pudo tener con otros aspectos de la vida social y cultural.
3. Impulsar el conocimiento de la personalidad de Albert Einstein, desde una perspectiva crítica y constructiva, que nos permita analizar su influencia científica, social y política en el contexto histórico en el que tuvo lugar.
4. Favorecer una ciencia con rostro humano, donde se favorezca el estudio de la vida y de la obra de los fundamentales científicos en el contexto social en que esta se desarrolla.
4. Fomentar el interés por el estudio y el conocimiento de los hechos y actividades científicas, como un elemento fundamental de la cultura y la vida de nuestra sociedad.
5. Propiciar y auspiciar el debate sobre la educación y la cultura científica desde todas las vertientes posibles: educativa, curricular, cultural, divulgativa, etc.
6. Reflexionar sobre la ciencia como instrumento que permite crear la infraestructura esencial para el desarrollo económico y social de un país.
7. Relacionar la Teoría de la Relatividad con el arte, la cultura, la política...

### 1905-2005: CENTENARIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

#### ÍNDICE DE ARTÍCULOS

	página
1. 2005, Año Internacional de la Física. Una oportunidad para el cambio	3
2. Imágenes y geometría en la obra de Albert Einstein	6
3. La carta y la bomba	8
4. Deus Sive Natura. Una reflexión sobre la religión de Einstein	10
5. El Movimiento Browniano	12
6.1 Albert & Blas. Einstein y Cabrera.	15
6.2. Cronología de Albert Einstein	18



## 1905-2005: CENTENARIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (1)

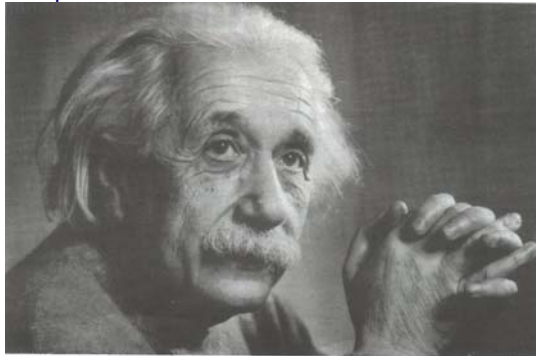
### 2005, AÑO INTERNACIONAL DE LA FÍSICA: UNA OPORTUNIDAD PARA EL CAMBIO

Pablo Martel Escobar y Juan Miguel Gil de la Fe

En 1905, el *annus mirabilis* de Einstein, tres de los seis trabajos enviados por éste a la revista *Annalen der Physik* –dos sobre electrodinámica de los cuerpos en movimiento, alias Teoría de la Relatividad Especial y otro, “Sobre un punto de vista heurístico relativo a la creación y conversión de la luz”, referido a la naturaleza de la radiación electromagnética– han sido claves en la revolución conceptual que se produce en la Física durante el siglo XX, sacándola del nivel sensorial macroscópico en el que estaba, obligando al replanteamiento de muchos conceptos elementales que se aceptaban sin juicio crítico alguno y dando lugar a una visión más unificada de la realidad objeto de estudio.

Por un lado, los trabajos relacionados con la relatividad especial llevaron a la revisión de conceptos tan básicos como la relación entre el espacio y el tiempo, entre la masa y el momento lineal, o entre la masa y la energía. Por otro lado, el último trabajo mencionado, para muchos el más fundamental de todos, es precursor de la Mecánica Cuántica, teoría alternativa a la clásica, vigente y efectiva explicación de la realidad física. El nacimiento de esta teoría es también clave en el cambio conceptual aludido en el párrafo anterior, pues induce a una revisión de nociones tan elementales como las de continuidad y causalidad, o las de localización y extensión a escala microscópica, o si se prefiere, de la realidad descrita por partículas o por campos (propiedad física detectable en una cierta región del espacio que en general varía con el tiempo y que, cuando evoluciona según la denominada ecuación de ondas, recibe el nombre de onda).

EINSTEIN CON LA TEORÍA de la relatividad formula, en opinión de muchos, la última de las grandes leyes del mundo clásico y a la vez, con su interpretación de la naturaleza de la luz, pone los cimientos del nuevo esquema interpretativo de la realidad física.



Albert Einstein. | LA PROVINCIA / DEP

Einstein con la teoría de la relatividad formula, en opinión de muchos, la última de las grandes leyes del mundo clásico y a la vez, con su interpretación de la naturaleza de la luz, pone los cimientos del nuevo esquema interpretativo de la realidad física. Por esto es quizás uno de los científicos más importantes de todos los tiempos cuyos trabajos están al alcance de pocos, pero cuya figura como fenómeno mediático, a través de la publicidad, del cine, de la tele, de los libros, de los muñecos, de los pósteres, de las camisetas, etc. han convertido al científico, a la ecuación  $E=mc^2$  y a la relatividad en iconos sociales, lo que probablemente haya eclipsado, fuera del mundo de la Física, el verdadero alcance de su interpretación de la luz, principal causa por la que recibió el Nobel en 1921.

Corrían los últimos años del siglo XIX y primeros del XX cuando asistíamos a diversos fracasos en la explicación de una serie de fenómenos a partir de las leyes de la Física, donde los elementos de la naturaleza se interpretaban como partículas, para representar a la materia y sus constituyentes, o como campos, a la hora de describir las interacciones entre las partículas (el campo gravitatorio o el electromagnético), los fenómenos ondulatorios (la luz o el sonido) o ciertas propiedades asociadas a regiones del espacio (la temperatura o la presión de la atmósfera). Entonces llegó el año 1905, y llegó Einstein, y puso en tela de juicio esta concepción de la naturaleza al postular que la luz, de modo similar a como la materia está compuesta por átomos, lo está de pequeñas partículas de energía (los fotones), las cuales son absorbidas o emitidas por los cuerpos en su totalidad.

“Cuando un rayo de luz se propaga a partir de un punto, la energía no se distribuye continuamente en un volumen creciente, sino que consiste en un cierto número de cuantos de energía, localizados espacialmente, que se mueven sin dividirse y que pueden ser absorbidos o emitidos como un todo” escribía el genial físico en el trabajo del que venimos hablando.

En definitiva propuso dos ideas novedosas: un comportamiento dual para la luz, que se describe como un campo (como una onda electromagnética) cuando se propaga en el espacio y como partículas cuando interacciona con la materia y, en segundo lugar, una cuantización de la energía de estos fotones. Además, desde dichos supuestos logra interpretar con éxito varios fenómenos no explicados hasta entonces como el de fluorescencia, el de ionización de gases por luz ultravioleta y el efecto fotoeléctrico.

¡Einstein había roto la imagen clásica de la naturaleza!, pero quedaba todavía un largo camino por recorrer hasta establecer la nueva imagen de la realidad física. Así, en 1913 el danés Niels Bohr publicó su Teoría Atómica en donde asume la cuantización de la energía y otras propiedades para explicar la estructura y el comportamiento de los átomos, o en 1924 el francés Louis de Broglie postuló el comportamiento dual también para las partículas materiales. Fue en 1926 cuando, de manera independiente, el austriaco Erwin Schrödinger y el alemán Werner Heisenberg formularon la Mecánica Cuántica Ondulatoria y la Mecánica Cuántica Matricial, respectivamente; ambas equivalentes como se demostraría posteriormente.

## 2005, AÑO INTERNACIONAL DE LA FÍSICA: UNA OPORTUNIDAD PARA EL CAMBIO (Continuación)

El cambio conceptual es profundo, pues ahora la información sobre el sistema, pensemos por ejemplo en un electrón, no está en su trayectoria, en su velocidad o en su aceleración – propiedades todavía utilizadas por Einstein o Bohr en sus explicaciones– sino en la denominada función de onda (o más precisamente, siguiendo al profesor Marcelo Alonso, campo de materia), cuya evolución está gobernada por la Ecuación de Shrödinger.

La interpretación de la función de onda ha dado lugar a uno de los episodios más interesantes de la historia de la Física, donde la fructífera lucha dialéctica que mantuvieron Einstein y Bohr con posiciones encontradas, representó un papel destacado. Aunque se trata de una cuestión que sigue estando de plena actualidad, aquí nos centraremos en la concepción estadística defendida por Bohr, que si bien fue asumida por un gran número de físicos, también fue denostada por otros tantos. En esta interpretación, la función de onda de un electrón, por ejemplo, proporciona para cada instante de tiempo la probabilidad de encontrar a éste en cada punto del espacio. Cuando la probabilidad es cero excepto para puntos muy cercanos entre sí, hablamos de localización o comportamiento tipo partícula, mientras que cuando esta probabilidad es no nula en una amplia porción del espacio, hablamos de extensión o comportamiento tipo campo.

Bohr, además añade que la función de onda no sólo tiene en cuenta al sistema objeto de estudio (el electrón en nuestro ejemplo), sino también a los observadores (aparatos de medida) y a las interacciones entre los observadores y el sistema. Estos tres elementos (sistema, observador, interacción) definen un fenómeno, el cual constituye el nivel más elemental al que tenemos acceso experimental y del que da cuenta la función de onda. Con esta interpretación, el fenómeno y no el sistema, es el que posee naturaleza tipo campo o tipo partícula, lo que permite explicar que un mismo sistema forme parte de fenómenos de distinta naturaleza (complementariedad). Sin embargo, paradojas de la vida, siendo Einstein un personaje trascendental en la historia que estamos contando, nunca creyó esta interpretación probabilística de la función de onda. La pérdida de aspectos tan arraigados en la teoría clásica como el determinismo y la causalidad de los fenómenos a los que llevó dicha interpretación, fueron motivos de peso. Su postura quedó reflejada para la posteridad en la célebre frase “Dios no juega a los dados con el Universo”.

Las aportaciones de Einstein al desarrollo de la Física Cuántica no acaban con lo expuesto. Su teoría de la relatividad especial es ingrediente básico en el estudio de los fenómenos cuánticos en los que las velocidades características son cercanas a la de la luz. La combinación de estas dos teorías seculares (cuántica y relatividad especial) dio lugar a la Electrodinámica Cuántica que contó con el inglés Paul Dirac como precursor y con el americano Richard Feynman como principal responsable de su formalización actual. Sin embargo, nadie ha sido capaz aún de lograr una formulación compatible entre la Mecánica Cuántica y la Teoría de la Relatividad General que formulara también el gran científico en 1917.

Hoy muchas son las líneas abiertas tendentes a proporcionar una descripción completa y satisfactoria de la naturaleza que resuelva los problemas planteados en la actualidad, pero en lo que no hay discrepancias es en considerar a la Física Cuántica como la base en la que se sustenta una gran parte de los avances tecnológicos del siglo XX y principios del XXI.

Pensemos en elementos tan comunes como el láser (ampliamente usado en la medicina y en la industria), los semiconductores (base del funcionamiento de cualquier dispositivo electrónico, como los actuales ordenadores), o los paneles fotovoltaicos (utilizados para transformar la energía solar en eléctrica), o no tan cotidianos como los microscopios electrónicos o de efecto túnel.

Y pensemos también en lo que está por desarrollarse a partir del estudio de, por ejemplo, los dispositivos optoelectrónicos y fotónicos, las nanoestructuras o los estados cuánticos entrelazados que, entre otras cosas, auguran mejoras asombrosas de los actuales ordenadores.

No queremos terminar estas líneas sin recordar que el próximo año celebramos el centenario de aquel milagroso 1905, por lo que la ONU lo ha designado *Año Internacional de la Física*. Por idénticos motivos, Alemania, país natal del científico, ha declarado 2005 *Año de Einstein* y se propone destinar un fondo específico para la I+D. Con ello piensan los gobernantes e industriales teutones aprovechar la fama y los logros de su paisano para fomentar en la juventud el interés por la ciencia y la investigación y, a la vez, impulsar el crecimiento económico del país. Además, han programado diversas actividades dirigidas a los estudiantes de los primeros niveles de la enseñanza al objeto de inducir en ellos un cambio en la forma de pensar que favorezca la aparición de vocaciones científicas. ¡A ver si tomamos nota!

*Pablo Martel Escobar (Catedrático de Física de la ULPGC) y Juan Miguel Gil de la Fe (Profesor Titular de Física de la ULPGC y Coordinador de Física de las PAU).*

### Guía de lectura. Actividades

1. Realiza un resumen del texto anterior, señalando sus ideas principales.
2. Realiza una valoración del texto, señalando tus opiniones sobre lo tratado en el mismo.
3. ¿Qué trabajos y que contribuciones realizó Einstein en 1905, su “annus mirabilis” a la física? ¿Cuál de ellos es precursor de la mecánica cuántica?
3. ¿Qué conceptos físicos básicos fueron revisados con la Relatividad Especial de Einstein? ¿y con la formulación de la Física Cuántica? ¿En qué consiste el efecto fotoeléctrico? ¿Cómo fue explicado por Einstein?
4. ¿Qué hechos o fenómenos experimentales no podían ser explicados por las leyes de la física vigentes y cuya explicación e interpretación dio lugar a la física relativista y a la física cuántica?
5. ¿Por qué trabajos recibió Einstein el premio Nobel en 1921?

6. ¿Quiénes son los precursores que desarrollaron inicialmente la física cuántica?  
 7. ¿Cómo interpretan Bohr y sus seguidores la función de onda? ¿Por qué esta concepción no es compartida por Einstein?  
 8. ¿A qué parte de la física dio lugar la combinación de la física cuántica y de la relatividad especial? ¿Quiénes fueron sus creadores y los autores de su formalización?  
 9. Después de buscar la información necesaria que complete el artículo, realiza un informe e indica las principales aportaciones que realizan a la física cuántica los siguientes científicos en especial las señaladas en el año entre paréntesis: Planck (1900), Einstein (1905), Bohr (1913), de Broglie (1924), Schrödinger (1926) Heisenberg (1926), Dirac (1928); Feynman (1949). Realiza un esquema o una flecha o eje cronológico en la que aparezcan los principales aspectos o desarrollos de la física cuántica por orden cronológico.  
 10. Indica algunos de los avances tecnológicos actuales que tienen como base a la física cuántica  
 11. Realiza un comentario de texto del artículo de prensa ampliado la siguiente ficha a las dos caras de un folio:

Nombre del lector: .....

FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO.	
✎ Autor	
✎ Año de publicación	
✎ Título	
✎ Lugar y Editorial	
✎ Palabras clave que identifican la publicación	
✎ Objetivos del artículo	
✎ Resumen o esquema de las principales ideas del artículo	

FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO (Reverso)	
✎ Principales conclusiones	
✎ Valoración personal	

## 1905-2005: CENTENARIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (2) IMÁGENES Y GEOMETRÍA EN LA OBRA DE ALBERT EINSTEIN

Fernando Hernández Guarch

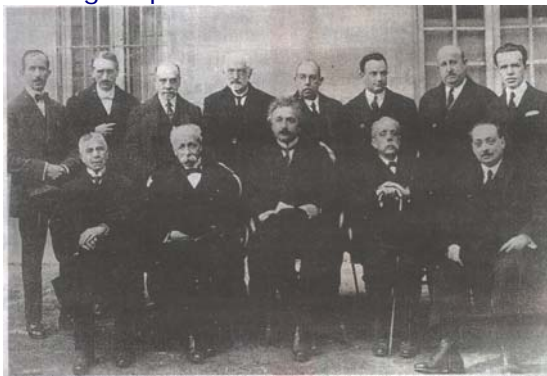
*"La materia le dice al espacio-tiempo cómo ha de curvarse, el espacio-tiempo le dice a la materia cómo ha de moverse."*

**Wheeler**

Galileo dejó dicho que el Universo está escrito en el lenguaje de las matemáticas. Quienes quieran leerlo, entenderlo, deberán, por tanto, conocer este lenguaje. Y durante siglos nos hemos situado en la realidad del Universo con una geometría que formalizó hace dos mil trescientos años Euclides, quien en su libro, conocido como *Los Elementos*, con una construcción racional basada en cinco postulados y veintitrés axiomas, desarrolla un cuerpo de doctrina que permite, permitía, explicar el mundo en el que vivimos. Y así lo creía Kant para quien esta construcción constituía una condición apriorística, esto es, una forma natural de entender el mundo previa a toda percepción de objetos, percepción, por tanto, que no puede hacerse de otra manera. El propio Einstein expresó su admiración por el sistema: "A los doce años experimenté una segunda extrañeza... con un librito de geometría. Allí había teoremas... que podían demostrarse con tanta evidencia que cualquier duda parecía fuera de lugar. Esta claridad y seguridad hicieron en mí una impresión indescriptible."

Una de las dificultades que se plantean al estudiar la obra de Einstein es el situarnos en un universo que no sigue ese modo ordinario de "leerlo"; que se contraiga o se curve el espacio son conceptos difíciles de asumir con una educación euclídea. Veamos cómo lo planteó Einstein.

EINSTEIN SE PREGUNTABA qué ocurriría si persiguiera a un rayo de luz a una velocidad igual a la de éste. Su respuesta es precisamente la Teoría de la Relatividad Restringida publicada en 1905.



Albert Einstein (en el centro) con los miembros de la Academia de Ciencias de Madrid en 1923. | LA PROVINCIA / DUP

Fue el pequeño Albert un niño tardío en aprender a hablar. Él mismo comenta esta circunstancia como fundamental para su dedicación a la Física: "Me he desarrollado tan lentamente que únicamente empecé a plantearme preguntas sobre el espacio y el tiempo cuando ya había crecido. En consecuencia pude penetrar con más profundidad en el corazón del problema que un niño normalmente desarrollado."

El pensamiento de este Einstein callado era un pensamiento de imágenes. Esta forma de pensar fue la que le condujo a la teoría de la relatividad restringida según nos cuenta en su Autobiografía. Durante diez años, una especie de ensueño experimental estimuló su reflexión: ¿Qué ocurriría se preguntaba si persiguiera a un rayo de luz a una velocidad igual a la de éste? Su respuesta es precisamente la Teoría de la Relatividad Restringida publicada en 1905 en *Annalen der Physik* solventando lo que parecía una asimetría en la descripción de corrientes generadas durante el movimiento relativo entre imanes y conductores. Aparecen aquí la falta de simultaneidad para un mismo suceso entre dos observadores, que el tiempo o la masa dependen de la velocidad y, siendo constante la velocidad de la luz, llega a establecer la relación de la energía con la masa, que ahora escribimos  $E=m \cdot c^2$ .

Pero lo cierto es que a pesar de su entusiasmo por la geometría y de su pensamiento en imágenes cuando publica ese artículo no hay nada de geometría en él. Fue un antiguo profesor suyo Hermann Minkowsky quien en 1908 reformuló la teoría presentándola "no sólo en términos de ecuaciones matemáticas, sino también en términos de geometría cuatridimensional, la geometría del espacio y el tiempo". Minkowsky señaló también que los cambios espacio-tiempo se compensan.

Dos sucesos puede decirse que se hallan separados por un intervalo de espacio-tiempo igual para cualquier observador (esa magnitud absoluta es la raíz cuadrada de  $s^2 - c \cdot t^2$ , donde  $s$  es la distancia,  $t$  la diferencia temporal entre los dos sucesos y  $c$  la velocidad de la luz).

A pesar de todo pasar a una geometría cuatridimensional no supone romper las reglas de Euclides sino ampliarlas ya que la geometría euclidiana admite un desarrollo en cualquier número de dimensiones.

Este enfoque geométrico, que al principio no le gustó, fue el que unos años más tarde condujo a Einstein, con la ayuda de Grossmann, un condiscípulo de la universidad que le aportó los conocimientos matemáticos precisos en la geometría de Riemann, del que luego diremos algo, a desarrollar su Teoría de la Relatividad General en donde además del espacio y el tiempo aparecía la gravedad.

También en este caso nos dice Leopold Infeld, colaborador de Einstein, que era la respuesta que se daba a una imagen que no abandonaba a éste: un hombre encerrado en un ascensor que caía, situación que se ha empleado después muchas veces para hacer ver que cualquier campo gravitatorio se puede atribuir a una aceleración relativa. A fin de conectar una cosa y otra Einstein lo expresó geoméricamente sugiriendo que el espacio tiempo cuatridimensional que antes vimos debía ser curvo.

El símil más conocido es el de una mesa de billar en la que hay "colinas" y "hondonadas". Una bola que corriera sobre ella se comportaría como si fuera "repelida" por las colinas" y atraída por las "hondonadas".

**IMÁGENES Y GEOMETRÍA EN LA OBRA DE ALBERT EINSTEIN (Continuación)**

Así las hondonadas se conducen como fuerzas de atracción gravitatorias y, viceversa, los movimientos gravitatorios se pueden explicar con una geometría curva del espacio-tiempo.

El propio Einstein en un libro de divulgación que escribió con Infeld explica cómo pasar de una geometría euclidiana a una riemeniana con el símil de unos seres bidimensionales, "seres que viven en una pantalla de cine", y que son trasladados a una esfera de un radio tan grande que ellos no notan el cambio. Si desarrollan una ciencia y una técnica avanzada entenderán - escriben- que, a pesar de su incapacidad para imaginarlo, su mundo es la superficie bidimensional de una esfera.

De la misma forma, concluyen, nosotros seres tridimensionales podemos entender que nuestro universo, para comprenderlo, necesita una generalización muy amplia de los conceptos de espacio y tiempo.

Escribe también Einstein: "...en nuestro universo no cabe hablar de una validez exacta de la geometría euclídea... Cabría imaginar que en el aspecto geométrico nuestro universo se comporta de modo análogo a una superficie curvada irregularmente en sus diversas partes, pero que en ningún punto se apartase sustancialmente de un plano, como, por ejemplo, la superficie de un lago crispada por débiles olas...".

Ahora sí hemos cambiado las reglas de entender el espacio, no sólo las dimensiones de éste. La geometría de Riemann, matemático alemán discípulo de Gauss, la que utiliza Einstein, es una geometría no euclidiana. Esto es, no sigue los postulados en los que se basó Euclides. Riemann en una célebre conferencia en 1854 titulada *Sobre las hipótesis que yacen en los fundamentos de la Geometría*, expuso las condiciones para construir una geometría, cualquier geometría.

En la que él construyó por un punto exterior a una recta no se puede trazar ninguna recta paralela ("por un punto exterior a una recta pasa una y sólo una recta paralela a la dada" según el V Postulado de Euclides), es la geometría elíptica de la que es un caso particular la que comentan Einstein e Infeld sobre la esfera.

Parece, pues, que la forma de leer el universo no es, a pesar de todo, euclídea. Vivíamos en una pantalla de cine y la clarividencia de Einstein (y de Poincaré y de otros indudablemente) nos han trasladado a una superficie curva, que depende en una región del espacio de la cantidad de masa que haya en ella, que es donde vivimos, piense lo que piense Kant.

*Fernando Hernández Guarch es doctor en Ciencias Matemáticas.*

**Guía de lectura. Actividades**

1. Realiza un resumen del texto anterior, señalando sus ideas principales.
2. Realiza una valoración del texto, señalando tus opiniones sobre lo tratado en el mismo.
3. ¿Crees que el Universo esta escrito en el lenguaje de las matemáticas? ¿Qué quiso explicar Galileo con esa afirmación?
4. ¿Qué importancia tienes las imágenes y la geometría en el desarrollo de la física? ¿Y en la obra de Einstein?
5. ¿Qué diferencias hay entre la geometría de Euclides y la de Riemann?
6. Explica las diferencias entre la Relatividad Especial o Restringida formulada por Einstein en 1905 y la Relatividad General publicada en 1916.
7. Indica los postulados en que se basa la teoría de la Relatividad Restringida.
8. Explica el significado de la ecuación de Einstein:  $E=mc^2$ . Indica algunas de las aplicaciones de la misma.
9. ¿Cómo pueden explicarse los fenómenos gravitatorios como una geometría curva del espacio - tiempo
10. Comenta la frase: "Vivimos en una pantalla de cine y la clarividencia de Einstein nos ha trasladado a una superficie curva que depende en una región del espacio de la cantidad de masa que haya en ella"
11. Indica la influencia y las relaciones de los científicos que aparecen el texto con Albert Einstein.
12. Busca información y realiza un informe con la necesaria perspectiva histórica sobre la influencia de las matemáticas, en especial de la geometría, en la obra de Copernico, Kepler, Galileo, Newton, Maxwell y Einstein?
13. Realiza un comentario de texto del artículo de prensa ampliado la siguiente ficha a las dos caras de un folio:

Nombre del lector: .....

**FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO.**

✎ Autor	
✎ Año de publicación	
✎ Título	
✎ Lugar y Editorial	
✎ Palabras clave que identifican la publicación	
✎ Objetivos del artículo	
✎ Resumen o esquema de las principales ideas del artículo	

**FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO (Reverso)**

✎ Principales conclusiones	
✎ Valoración personal	

## 1905-2005: CENTENARIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (3)

### LA CARTA Y LA BOMBA

Jacinto Quevedo Sarmiento

Dos cosas son *infinitas*: *el universo y la estupidez humana*; y *yo* no estoy muy seguro sobre el universo.

A. Einstein

Einstein fue un hombre arriesgadamente pacífico e interesado en los problemas de su tiempo. Participó activamente como pacifista y antimilitarista durante el surgimiento del nazismo en Alemania y durante las guerras mundiales; como respuesta a la conculcación de los derechos del pueblo judío y en particular del derecho a su identidad nacional adoptó a fondo la causa sionista. Estas actividades y otras similares le ocasionaron dificultades personales muy graves. Cuando, con motivo de una fuerte crítica de Einstein al gobierno nazi, Von Laue le escribió preguntándole si está bien que un físico se involucre en problemas políticos, Einstein le contestó preguntándole a su vez cómo sería el mundo si gente como Giordano Bruno, Humboldt, Spinoza o Voltaire no hubieran actuado en asuntos políticos. Durante sus últimos meses en Europa, viviendo ya fuera de Alemania en Coq-sur-Mer, se temía incluso un atentado contra él, por lo que el Gobierno belga le proporcionó guardia armada y cuando, obligado a salir de Europa, llegó a Princeton, se mantuvo en silencio su presencia durante algún tiempo.

Su actividad política y pública más sistemática se dio durante y, sobre todo, después de la II Guerra Mundial, al iniciarse el desarrollo de las armas atómicas y la carrera armamentista. Sus artículos periodísticos, conferencias, ensayos, etc, sobre temas sociales fueron recogidos en varios libros de carácter popular.

Einstein fue un hombre arriesgadamente pacífico e interesado en los problemas de su tiempo. Participó activamente como pacifista y antimilitarista durante el surgimiento del nazismo en Alemania y durante las guerras mundiales



Einstein y J.R. Oppenheimer, en la época de la Caza de Brujas de MacCarty. | LA PROVINCIA / DUP

Probablemente la intervención política más conocida de Einstein sea la carta que dirigió al presidente Roosevelt para urgirlo a que se tomaran medidas para el desarrollo de la bomba atómica. Ya había experiencia previa, a saber: en octubre de 1914, Alemania había invadido Bélgica. El botín de guerra inmediato fueron las ingentes cantidades de nitrato potásico del puerto de Amberes, ingrediente fundamental de la pólvora, que pudo sostener las operaciones militares alemanas hasta que las fábricas de Leuna estuvieron en condiciones de fabricarlo sintéticamente. Como los individuos, los colectivos también pueden ser reincidentes. ¿No se estudian en las academias militares las operaciones de todo signo habidas en el pasado? Las reservas de uranio belgas eran las mayores del mundo y procedían de su colonia, el entonces llamado Congo Belga. La probabilidad de repetición de la jugada, en el sentir de buenos conocedores del paño, se aproximaba peligrosamente. Así comienza el texto de la carta:

(...) "Nassau Point, Long Island, 2 de Agosto de 1939.

Señor Presidente:

Un trabajo realizado recientemente por E. Fermi y L. Szilard, que he conocido en forma de manuscrito, me lleva a suponer que el elemento uranio puede ser transformado en una nueva e importante fuente de energía en el futuro inmediato. Lo que abriría la posibilidad de fabricar bombas..." (...)

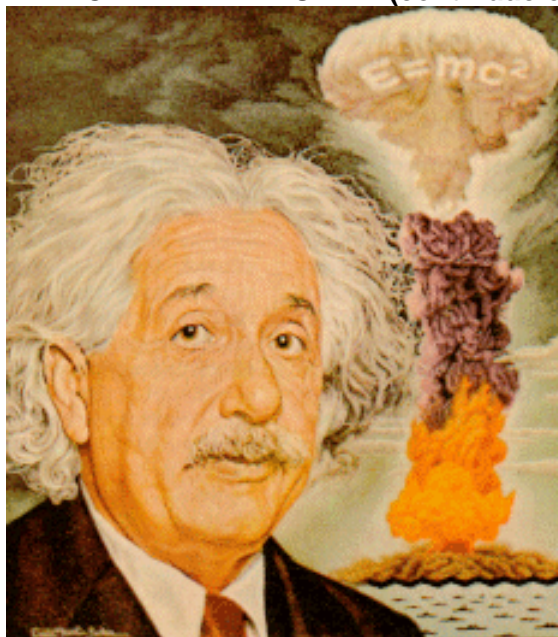
Desde 1938, Leo Szilard -su antiguo colaborador de Berlín y compañero de patentes-había emigrado a los Estados Unidos. Hombre de profundas convicciones políticas, en agosto de 1939 Szilard se dirigió en compañía de su colega, el también físico húngaro emigrado Eugene Wigner a casa de Einstein, para solicitarle su intervención frente al presidente Roosevelt con el objeto de hacerle ver el riesgo que implicaría para la humanidad el que la bomba atómica - hecha posible por los recientes descubrimientos físicos sobre la fisión nuclear que no pudieron ser mantenidos en secreto, como el propio Szilard había propuesto que se hiciera- fuera desarrollada primero en la Alemania nazi. Muchos físicos arios, como Planck, Von Laue, Sommerfeld, etc, permanecieron en Alemania durante la guerra, pero presentaron una resistencia abierta contra el nazismo y mantuvieron su dignidad hasta el final. El ejemplo más trágico del físico que abrazó voluntariamente la ideología nazi es el de Lenard, quien fue desde el principio el organizador de las campañas anti-Einstein y contra la ciencia judía.

Einstein estuvo de acuerdo y al día siguiente firmó la carta redactada por Szilard, la que llegó a su destino.

Aparentemente esta famosa carta no tuvo ningún papel decisivo, aunque Einstein, cuando concluida la guerra supo que la bomba alemana estaba sumamente rezagada, dijo que de haber sabido que ese era el caso, jamás habría firmado la carta. En el desarrollo de la bomba atómica norteamericana participó una pléyade de físicos, entre quienes estaban Enrico Fermi (magistral físico teórico y experimental) italiano, Wigner, el propio Szilard, Compton, e incluso Bohr, quien se encontraba de incógnito en los Estados Unidos con pasaporte inglés y bajo el nombre de John Baker, después de una escapatoria espectacular de Europa en compañía de su hijo.

### LA CARTA Y LA BOMBA (continuación)

A principios de 1945, una vez más por petición de Szilard, Einstein envió a nombre suyo y de varios colegas, Bohr inclusive, una nueva carta a Roosevelt tratando de frenar el desarrollo y posible uso del arma nuclear, pues era ya claro que Alemania estaba cerca de la derrota y no contaba con ella. Estas gestiones fueron interrumpidas por la muerte de Roosevelt, unas cuantas semanas después. A partir del bombardeo atómico de Hiroshima y Nagasaki por el ejército norteamericano, Einstein adoptó una posición de lucha activa por el desarme y, muy en particular, contra el desarrollo, fabricación y almacenamiento de las armas nucleares. En esta tarea Einstein no estuvo solo, pues una lucha similar emprendieron Bohr, Szilard y muchos otros científicos. En diciembre de 1945 Einstein dictó una conferencia en Nueva York, que tuvo como lema **"Hemos ganado la guerra, pero no la paz"**. El título sintetiza excelentemente su preocupación central a partir de ese momento y por el resto de su vida. Así lo demuestran sus declaraciones al *Atlantic Monthly de Boston* en noviembre de 1945: "No me considero el padre de la utilización de la energía atómica. Mi participación en esto ha sido muy indirecta. De hecho, nunca pensé que se llegara a usar durante el curso de mi vida. Sólo creía en la posibilidad, en términos teóricos. Y se ha convertido en un hecho palpable gracias al descubrimiento accidental de la reacción en cadena, algo que yo no habría podido precisar.



La reacción fue descubierta por Hahn, en Berlín, y él mismo no supo interpretar correctamente lo que había descubierto. Fue Lise Meitner quien dio con la interpretación correcta, para huir más tarde de Alemania y poner su información en manos de Niels Bohr".

En 1946 se creó el Comité de Emergencia de Científicos Atómicos, con Einstein como presidente, comité que inició de inmediato una campaña para producir "una gran reacción en cadena de consciencia y comunicación" e inició la publicación del famoso *Bulletin of the Atomic Scientists*, desde donde se desplegó -y continúa desplegando- una campaña contra el uso militar de la energía atómica. Años más tarde, el 11 de abril de 1955, Einstein escribió su última carta; iba dirigida a Bertrand Russell, el gran matemático, filósofo y humanista inglés (1872-1970), con la que dio fin a una serie de cartas intercambiadas entre los dos personajes en las últimas semanas.

En ella, Einstein aceptaba la forma final de un manifiesto (conocido después como *Manifiesto* Einstein-Russell) y la lista definitiva de firmantes del mismo; en este documento se llamaba a una conferencia para estudiar los peligros de la guerra y de la carrera armamentista; de esta iniciativa surgieron las Conferencias Pugwash, que desde entonces y año con año reúnen a científicos de todo el mundo para avanzar en sus propósitos de desarme y paz.

En 1951 apareció el primer número de la revista del Partido Comunista norteamericano *Monthly Review*. El número se abre con un artículo escrito ex profeso por Einstein titulado "¿Por qué el Socialismo?", en el que Einstein concluye que la salida única para los problemas de la sociedad contemporánea es el establecimiento de una economía socialista, acompañada de un sistema educativo dirigido hacia fines sociales.

Termina diciendo -era la época en que se iniciaban las persecuciones maccarthystas en los Estados Unidos-: "La claridad sobre los objetivos y problemas del socialismo tiene el mayor significado en nuestra época de transición. Puesto que bajo las presentes circunstancias, la discusión libre e incondicional de estos problemas ha sucumbido a un poderoso tabú, considero que la fundación de esta revista representa un importante servicio público."

Paralelamente, también expresó en más de una ocasión y en diversas formas su insatisfacción por la falta de un clima de libertad intelectual en los países del sistema socialista. Por ejemplo, en el mismo documento escribe: "La economía planificada no es socialismo aún; puede ir unida a una completa esclavización del individuo. El socialismo tiene que enfrentarse con un problema político-social, nada fácil de resolver: dentro de una centralización tan grande del poder político y económico, conseguir que la burocracia no se haga excesivamente poderosa y no se magnifique, y que no se atrofie políticamente al individuo, y con él al contrapeso democrático del poder de la burocracia".

### Guía de lectura. Actividades

1. Realiza un resumen del texto anterior, señalando sus ideas principales.
2. Realiza una valoración del texto, señalando tus opiniones sobre lo tratado en el mismo.
3. ¿Crees que los científicos se deben meter en política o deben ser neutrales?
4. ¿Son responsables los científicos de una mala aplicación de sus descubrimientos?
5. ¿Qué responsabilidad crees que tiene Albert Einstein en la bomba atómica lanzada sobre Hiroshima y Nagasaki?
6. Busca información y realiza un informe sobre la contribución de Einstein y otros científicos a la lucha por la paz y el desarme.

Diseño y Adaptación didáctica: Grupo Lentiscal de Didáctica de la Física y Química

## 1905-2005: CENTENARIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (4)

### DEUS SIVE NATURA

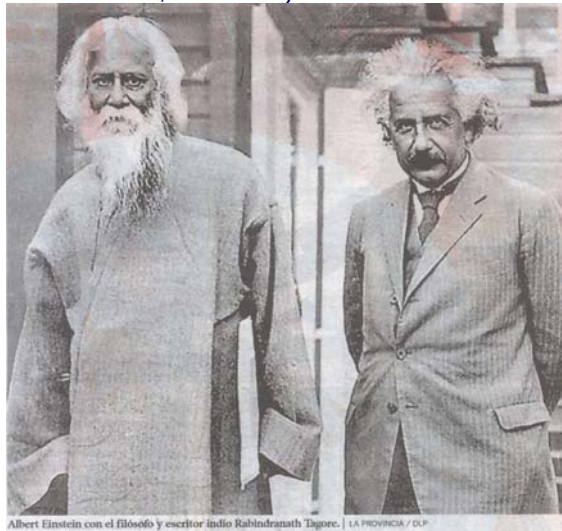
#### Una reflexión sobre la religión de Einstein

Juan Gómez Bonillo

Solía decir Hegel que el espíritu que, desplegándose, constituye el progreso de la Historia, en un momento dado se hace presente en sucesos privilegiados y en hombres excepcionales. El que hoy recordamos, la formulación de la teoría de la relatividad restringida, y el propio hombre que la concibió formarían parte de este olimpo científico con todo merecimiento. Quién puede negar el protagonismo de las teorías einstenianas en el panorama científico actual. Y, si recordamos las disertaciones de Kuhn sobre la estructura de las revoluciones científicas, podemos afirmar sin temor que estas teorías han hecho saltar por los aires los pilares de la ciencia clásica y han contribuido a configurar un nuevo paradigma científico. Newton destrozado, Einstein ha ocupado su lugar.

Los méritos de Einstein tuvieron ya en vida el oportuno reconocimiento, no sólo del mundo académico, sino también del gran público. Por entonces ya el mundo comenzaba a convertirse en espectáculo por obra y gracia de las comunicaciones, y en esta tesitura la celebridad lleva consigo la servidumbre de convertirse en oráculo. Cualquier gesto, cualquier palabra, cualquier artículo de Einstein sobre cualquier tema era demandado, esperado, analizado y divulgado por todos los medios. Y así, entre los muchos papeles que se conservan de Einstein hay consideraciones sobre el pacifismo, sobre el sionismo, sobre el futuro del hombre y, cómo no, sobre la religión.

**EINSTEIN UTILIZA CON** cierta ambigüedad los términos religión o Dios, pero siempre lo hace con respeto. Para él la religión no tiene nada de trascendente o divino, es un asunto humano ligado a necesidades emocionales, sociales y morales.



Albert Einstein con el filósofo y escritor indio Rabindranath Tagore. | LA PROVINCIA / DLP

Einstein utiliza con cierta ambigüedad los términos religión, religiosidad o Dios, pero siempre lo hace con respeto. En todo caso hay que decir que, para él, la religión no tiene nada de divino o de trascendente, antes bien es un asunto puramente humano ligado a necesidades emocionales variadas y a necesidades sociales y morales. Los diversos sistemas religiosos, respondiendo también a situaciones diversas, suponen un mayor o menor nivel de desarrollo y, por consiguiente le merecen una distinta consideración.

En un artículo publicado allá por los años 30 del pasado siglo en el *New York Times Magazine* habla nuestro físico de la experiencia del miedo como raíz de ideas y comportamientos religiosos en el mundo primitivo. Tenía que hacer frente al miedo, al hambre, a la enfermedad, a los múltiples peligros que le acechaban y a la muerte. No estaba muy desarrollada por entonces la "comprensión de las conexiones causales" y los hombres se sintieron impedidos a crear seres poderosos responsables de los acontecimientos que les infundían temor. Su adoración e invocación a través de ritos tenían la finalidad de recabar su auxilio.

La religión del Dios providente o religión moral, como la denomina Einstein, también nace de una experiencia humana, la constatación de la fragilidad de lo humano que deriva en insatisfacción. Este Dios vendría a colmar los anhelos constantemente truncados de los hombres. Es la vieja fórmula unamuniana: "Fe es crear lo que no vemos".

Ambas motivaciones se mezclan en mayor o menor medida en las religiones concretas, aunque se ha de reconocer que la segunda de las formas descritas supone un nivel más evolucionado. Pero a fin de cuentas los dos tipos no escapan al ámbito de lo humano.

Las religiones son, pues, constructores sociales que se afanan en recoger de la tradición principios y valores que dan respuesta a las aspiraciones humanas más íntimas. Definir, aclarar y profundizar en esos principios y valores, así como instalarlos en la vida emotiva de los individuos ha de ser la función social de la religión. Einstein cree ver en la tradición religiosa judeocristiana la expresión más excelsa de esos principios y valores humanos.

Hay, sin embargo, de acuerdo con nuestro autor, una forma más noble de motivación religiosa que las reseñadas, "el sentimiento religioso cósmico". Así lo llama Einstein. Consiste éste en el deseo de experimentar el universo como un todo único y significativo sólo descifrible por medio de la racionalidad humana. Difícil de explicar, sí, porque las religiones nos tienen acostumbrados a pensar en un Dios personal. Pero este sentimiento religioso cósmico es el que alentó a Kepler, a Newton y a tantos otros a esforzarse por comprender los principios de la mecánica celeste, tarea tan alejada de las realidades inmediatas de la vida. Einstein hace suya la observación de un contemporáneo al decir que "en estos tiempos materialistas que vivimos la única gente profundamente religiosa son los investigadores científicos serios". Y apostilla: "Con sobradas razones".

## DEUS SIVE NATURA

### Una reflexión sobre la religión de Einstein (continuación)

Desde esta perspectiva queda definitivamente liquidado el multiseccular contencioso entre la ciencia y la religión. Ya no hay ninguna razón para el conflicto. Se han repartido convenientemente, y sin posibilidad de interferencia, el terreno de juego. Aquélla se ocupa de lo que es, es decir, de las leyes universales que regulan los fenómenos, encadenados por la férrea causalidad, ésta, en cambio, se ocupa de lo que debiera ser, o sea, el ámbito de los anhelos y aspiraciones últimas del hombre.

Parafraseando a D. José Ortega y Gasset se puede decir que la verdad de la Física es exacta pero insuficiente, mientras que la verdad de la religión es inexacta pero suficiente en la medida en que trata de alcanzar el horizonte de las aspiraciones del hombre que hay detrás del físico. Separadas pero no enfrentadas. Ambas son necesarias y en ambas late un mismo sentimiento religioso.

¿Y Dios? Aquí está la contundente respuesta de Einstein: "El individuo que está totalmente imbuido de la aplicación universal de la ley de causalidad no puede ni por un instante aceptar la idea de un ser que interfiera en el curso de los acontecimientos... siempre, claro está, que se tome la hipótesis de la causalidad verdaderamente en serio". No puede haber un Dios personal, repartidor de premios y castigos. Es incompatible con esa ley inexorable de la causalidad. Naturalmente, "Dios no juega a los dados".

Y si aceptamos que la forma más noble de la experiencia religiosa es la que brota de ese "sentimiento religioso cósmico", a fortiori tendremos que concluir que el Dios al que apunta ese sentimiento no puede ser sino lo que hay, es decir, el cosmos, el universo. O, dicho con la expresión acuñada tiempo atrás por el pulidor de lentes Baruch Spinoza, *Deus si ve Natura*. Dios también se llama Naturaleza, porque Dios es la Naturaleza. Un Dios o Naturaleza o Universo, cuya comprensión es la más noble de las ocupaciones, una tarea de largo, tortuoso y difícil recorrido, pero no imposible, porque "Dios podrá ser sutil, pero no malicioso".

### Guía de lectura. Actividades

1. Realiza un resumen del texto anterior, señalando sus ideas principales.
2. Realiza una valoración del texto, señalando tus opiniones sobre lo tratado en el mismo.
3. ¿Crees que los científicos se deben ser religiosos, deben ser agnósticos o deben ser ateos?
4. ¿Qué diferencias hay entre ciencia y religión?
5. ¿Qué diferencias hay entre el "Dios Personal" del "Dios Naturaleza" de Spinoza del que está muy próximo Einstein?
6. ¿Qué diferentes concepciones sobre la ciencia y religión tienen los personajes que aparecen en el texto?
7. ¿De todas las religiones que existen en el mundo, existe alguna de ellas cómo la religión verdadera?
8. ¿Las personas están formadas además de por el cuerpo por un alma inmortal? ¿Puede estar el alma formada por átomos?
9. ¿Está definitivamente liquidado el contencioso o conflicto entre la Ciencia y la Religión?
10. Busca información y realiza un informe con la necesaria perspectiva histórica sobre algunos conflictos importantes entre la Ciencia y Religión en el que participaron algunos científicos tales como: Miguel Servet, Copernico, Giordano Bruno, Galileo, Darwin, etc...?
11. Realiza un comentario de texto del artículo de prensa ampliado la siguiente ficha a las dos caras de un folio:

Nombre del lector: .....

#### FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO.

➤ Autor	
➤ Año de publicación	
➤ Título	
➤ Lugar y Editorial	
➤ Palabras clave que identifican la publicación	
➤ Objetivos del artículo	
➤ Resumen o esquema de las principales ideas del artículo	

#### FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO (Reverso)

➤ Principales conclusiones	
➤ Valoración personal	

Diseño y Adaptación didáctica: Grupo Lentiscal

## 1905-2005: CENTENARIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (5) EL MOVIMIENTO BROWNIANO

Emigdia Repetto Jiménez y Francisco Martínez Navarro

En el año 1828 el botánico inglés Robert Brown (1773-1858) observó que en una solución de agua el polen de cierta hierba (*Clarkia pulchella*) realizaba un movimiento continuo, muy accidentado, en zigzag. El orden de magnitud de la longitud lineal de estas partículas de polen variaba entre 5 y 6 micras (1 micra = 0,001 mm). Brown apuntó lo siguiente:

*"Al examinar la forma de estas partículas inmersas en agua, vi muchas de ellas evidentemente en movimiento; éste consistía no solamente en un cambio de lugar en el fluido, manifestado por alteraciones en sus posiciones relativas, sino que también, con no poca frecuencia, por un cambio en la forma de la misma partícula [...]. En algunos casos se veía a la partícula girar sobre su eje mayor. Estos movimientos eran tales que me convencieron, después de observaciones repetidas, de que no surgían de corrientes en el fluido, ni de su gradual evaporación, sino que pertenecían a la misma partícula."*

### ¿Qué es el movimiento Browniano?

Es el movimiento que lleva a cabo una partícula muy pequeña que está inmersa en un fluido. Este movimiento se caracteriza por ser continuo y muy irregular, la trayectoria que sigue la partícula es en zigzag.

Si observamos en la oscuridad del cine el haz de luz que emite el proyector, nos daremos cuenta de que hay muchas partículas, muy pequeñas, que se están moviendo incesantemente. Veremos que lo hacen en forma zigzagueante y en todas direcciones.

Observaremos que ¡también se mueven hacia arriba! ¿Qué partículas son éstas? Sencillamente son las partículas de polvo que hay en el aire.

LOS ARTÍCULOS SOBRE el movimiento browniano de Albert Einstein tocan dos problemas centrales de la física del siglo XX: cómo probar que las moléculas son reales y su relación con conceptos como la temperatura.



Albert Einstein tocando el violín, una de sus aficiones favoritas. | LA PROVINCIA / DLP

Observemos con cuidado la bocanada de humo que lanza al aire un fumador. Veremos que está compuesta de pequeñísimas partículas que se están moviendo continuamente en todas las direcciones, también en zigzag.

Otro caso es el siguiente: Póngase polvo de color en un vaso y luego, viértase agua sobre él. Observaremos que las partículas de polvo, una vez que empiezan a estar en contacto con el líquido se mueven en forma incesante, accidentada y en todas las direcciones. En particular veremos que se mueven también ¡hacia arriba! Si esperamos un intervalo de tiempo lo suficientemente grande nos daremos cuenta de que el polvo se mezcla con el agua, formando lo que se llama una suspensión. Esta mezcla con el tiempo se homogeniza sin que ocurra, como uno esperaría intuitivamente, que las partículas de polvo caigan y se depositen en el fondo del vaso. Veremos que algunas partículas efectivamente caen, pero hay otras que suben. El hecho común en estos tres casos es que partículas muy pequeñas se hallan inmersas en un fluido. En el caso del haz de luz del cine, el fluido es el aire de la sala; en el caso del fumador, el fluido es también el aire de la atmósfera y en el tercer caso, el fluido es el agua.

El estudio de ese curioso movimiento que, aunque extrañó a los científicos de su tiempo, no pudo ser explicado y así permaneció desde la fecha de los trabajos de Brown (1828) hasta 1905, cuando el genio de Alberto Einstein lo explicó en uno de los cuatro famosos trabajos que publicó ese año, utilizándolo contra los escépticos que no creían en los átomos.

El físico francés Jean Perrin (1870-1942) dió una bella descripción de este fenómeno: "En un fluido en equilibrio, como el agua dentro de un vaso, todas sus partes aparecen completamente sin movimiento. Si ponemos en el agua un objeto de mayor densidad, cae. La caída, es cierto, será más lenta si el objeto es menor; pero un objeto visible siempre termina en el fondo del vaso y no tiende a subir. Sin embargo, sería difícil examinar durante mucho tiempo una preparación de partículas muy finas en un líquido sin observar un movimiento perfectamente irregular. Se mueven, se detienen, empiezan de nuevo, suben, bajan, suben otra vez, sin que se vea que tiendan a la inmovilidad."

Al ocuparse del movimiento browniano, Einstein contrastó las predicciones de las leyes de la termodinámica con las de la teoría cinética, que estaba basada en la suposición atómica. En particular se interesó por las conclusiones que se obtendrían si el movimiento browniano se tratara de explicar por medio de la hipótesis atómica.

Einstein obtuvo además de conclusiones cualitativas predicciones cuantitativas que podrían compararse con resultados experimentales.

Entre estas predicciones destacan dos muy importantes: predijo la distancia que debe recorrer una partícula suspendida en un fluido y además, mostró que la segunda ley de la termodinámica se cumple sólo en promedio.

## EL MOVIMIENTO BROWNIANO (continuación)

Por otro lado, Einstein hizo ver además, que en el caso del movimiento browniano efectivamente se violaba la segunda ley de la termodinámica, y no porque esta ley no fuera correcta, sino porque no se la podía interpretar de la manera absoluta en que los energetistas lo hacían. De hecho había que darle una interpretación estadística: la segunda ley se cumple solamente en promedio.

De esta forma, Einstein planteó un problema al que solamente la naturaleza, a través de un experimento, podría dar solución: la posibilidad de medir el desplazamiento cuadrático medio de una partícula browniana.

### ¿Cuál fue la explicación de Einstein?

Einstein desarrolló un análisis matemático del **movimiento browniano** y demostró que, de acuerdo con la teoría cinética-molecular, el agua en la que se dejaban en suspensión las partículas está compuesta de moléculas que se mueven al azar, bombardeando constantemente por todos lados a las partículas que se encuentran en suspensión.

El número de moléculas que chocan con un objeto de tamaño medio con un cierto ángulo, es prácticamente el mismo que el número de las que chocan con él en ángulo opuesto. La diferencia entre ambos es tan insignificante, en comparación con el total de los choques, que su efecto puede no tomarse en cuenta. Es por esto que no existe efecto conjunto en objetos de tamaño medio y no se observa en este caso el movimiento browniano.

Sin embargo, cuando el objeto es más pequeño, el número total de moléculas que inciden sobre él disminuye y las pequeñas diferencias entre los bombardeos en las distintas direcciones se pueden apreciar.

Sin embargo, cuando el objeto es más pequeño, el número total de moléculas que inciden sobre él disminuye y las pequeñas diferencias entre los bombardeos en las distintas direcciones se pueden apreciar.

Por ejemplo, partículas de tinte o granos de polen tienen la suficiente pequeñez para ser desplazados en diferentes direcciones por un pequeño exceso de moléculas que chocan en distintas direcciones. El movimiento es aleatorio, pues las propias moléculas tienen un movimiento también aleatorio. Cuanto mayor es el tamaño medio de las moléculas, mayor será el cuerpo para el cual la diferencia de los bombardeos puede producir efectos detectables. La ecuación inferida por Einstein para descubrir el movimiento browniano sirve para determinar el tamaño de las moléculas y el de los átomos que las integran.

Los artículos sobre el movimiento browniano de Albert Einstein y su tesis doctoral tienen su origen en dos problemas centrales de la física de comienzos del siglo XX. El primero era la misma existencia de las moléculas: ¿cómo probar que son reales? El segundo era consecuencia del primero. Si son reales, ¿cómo relacionar su movimiento con conceptos como la temperatura?

### ¿Existen los átomos?

La solución al primer interrogante pudo ocurrírsele mientras tomaba el té. Al poner un terrón en el agua, se disuelve y se difunde por toda la taza, haciéndola más viscosa. De esta simple observación, Einstein dedujo una forma de calcular el tamaño de las moléculas y un valor para una constante fundamental llamada *el número de Avogadro*, que dice la cantidad de moléculas de un gas que hay en un volumen dado en unas condiciones concretas. Con él se puede determinar la masa de cualquier átomo. Éste fue el contenido de su tesis. Lo curioso es que al enviarla a la Universidad de Zúrich el encargado de evaluarla, Alfred Kleiner, la rechazó por ser demasiado corta. Einstein añadió una frase más y fue aceptada.

Su artículo, publicado en los *Anales de Física*, discute un fenómeno estudiado en 1827 por el botánico-conservador del Museo Británico Robert Brown: los granos de polen en suspensión en el agua se mueven de manera errática e imposible de predecir. En 1905 nadie había logrado explicar este *movimiento browniano*.

Los problemas teóricos y matemáticos a los que se enfrentaba eran insuperables, pero Einstein los salvó con su brillante intuición física.

Por un lado, dijo, tenemos el comportamiento microscópico del grano de polen, que podemos asimilarlo a una molécula gigante. Por otro, ese grano es lo suficientemente grande como para que también obedezca las mismas leyes que gobiernan el movimiento de un sólido en un líquido, como un submarino. Einstein llegó a la conclusión de que midiendo el desplazamiento medio del polen podía calcular el valor de constantes fundamentales como el número de Avogadro.

La chispa de su genio son las palabras desplazamiento medio: no importa el recorrido real sino la distancia en línea recta desde el principio al final (imaginemos un coche subiendo un puerto; no importa las vueltas que dé la carretera —el camino browniano—; lo que interesa es la distancia recorrida en línea recta). Con todo ello se deduce que el polen se mueve porque las moléculas de agua chocan con él como en un billar microscópico. Por tanto, el calor no es otra cosa que agitación molecular. Einstein había demostrado la existencia de los átomos.

### El movimiento browniano hoy

Se podría pensar que una vez explicado el movimiento browniano por el trabajo de Einstein ya no había nada que hacer en este campo. Sin embargo, esto no es cierto. La importancia del movimiento browniano dejó de residir en la explicación de sus causas o en la confirmación de la hipótesis atómica, adquiriendo un renovado interés por otras posibilidades que ofreció. Solamente mencionaremos algunas de ellas: dar luz en el campo de los procesos irreversibles; impulsar al campo de las matemáticas que estudia las llamadas funciones no-diferenciables; aplicaciones en la teoría de suspensiones coloidales; utilización de estas ideas en otros campos, como el de los láseres; abrir sorprendentes horizontes en el desarrollo de la teoría de los fractales, teoría que lleva, entre otras muchas cosas, a la conclusión de que la frontera entre dos países cualquiera puede ser infinita. "Parece ser que el movimiento browniano, que se creyó pieza de museo, apenas está empezando a vivir".

*Emigdia Repetto Jiménez es Catedrática de Didáctica de las Ciencias de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Francisco Martínez Navarres Catedrático de Física y Química de Secundaria Y Doctor en Ciencias de Educación.*

**Guía de lectura. Actividades**

1. Realiza un resumen del texto anterior, señalando sus ideas principales.
2. Realiza una valoración del texto, señalando tus opiniones sobre lo tratado en el mismo.
3. ¿Qué observó Robert Brown en 1828 sobre el movimiento del polen en le agua y como lo describió?
4. Indica en qué consiste el movimiento browniano y cómo el mismo es explicado por Perrin y por Einstein
5. ¿Cuáles son los problemas centrales que aborda Einstein para explicar las causas del movimiento browniano?
6. ¿Qué importantes determinaciones, medidas y constantes fundamentales, se pueden hallar con el movimiento browniano?
7. ¿Según Einstein a que es debido el movimiento en zig-zag de las partículas en el interior de un fluido?
8. Indica otros fenómenos, otras posibilidades y aplicaciones en las que se utilice actualmente el movimiento browniano.
9. Busca información y realiza un informe con la necesaria perspectiva histórica sobre el movimiento Browniano en le que aparezcan al menos las contribuciones de los diferentes científicos que aparecen en le artículo.
10. Realiza un comentario de texto del artículo de prensa ampliado la siguiente ficha a las dos caras de un folio:

Nombre del lector: .....

FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO.	
✎ Autor	
✎ Año de publicación	
✎ Título	
✎ Lugar y Editorial	
✎ Palabras clave que identifican la publicación	
✎ Objetivos del artículo	
✎ Resumen o esquema de las principales ideas del artículo	

FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO (Reverso)	
✎ Principales conclusiones	
✎ Valoración personal	

Diseño y Adaptación didáctica: Grupo Lentiscal de Didáctica de la Física y Química

## 1905-2005: CENTENARIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (6-1)

### ALBERT & BLAS EINSTEIN Y CABRERA

Jacinto Quevedo Sarmiento

Desde octubre, el Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología de la capital grancanaria, ofrece la muestra temporal titulada Albert & Blas Einstein y Cabrera que estará expuesta todo un año. Se trata de la apuesta expositiva más ambiciosa, desde que el centro científico-cultural capitalino abriera sus puertas, ya ha-ce casi cinco años.

La exposición va a celebrar el 2005 año mundial de la física, como centenario de aquel 1905 annus mirabilis en el que Einstein no sólo encontró la ecuación matemática más conocida del mundo -  $E=mc^2$  -, sino que hizo contribuciones fundamentales a la ciencia. La muestra entra al trapo con la relatividad y demás contribuciones de Einstein y no elude ninguno de los aspectos más discutidos de la vida del *hombre del siglo XX*.

También esclarece algunos tópicos persistentes y no teme abordar aspectos delicados: Einstein no era un alumno mediocre pero no le gustaba la disciplina de sus profesores; tuvo una hija ilegítima de la que no se tuvo noticia hasta 1987, no participó en el Proyecto Manhattan que fabricó la bomba de Hiroshima, los estadounidenses lo consideraban como un riesgo para su seguridad nacional; no ganó el Nobel en 1921 por la teoría de la relatividad, demasiado controvertida para la época, sino por sus estudios sobre el efecto fotoeléctrico; acumuló, a sabiendas de su segunda mujer y prima, Elsa Loewenthal, numerosas aventuras extramatrimoniales;

LA EXPOSICIÓN, QUE SE PUEDE VER EN EL Museo- Elder de la Ciencia y la Tecnología, entra al trapo con la relatividad y demás contribuciones de Einstein y no elude ninguno de los aspectos más discutidos de la vida del "hombre del siglo XX"



Quevedo, en el centro, con Alfonso XIII (segundo por la izquierda) y Blas Cabrera (a la derecha), en la visita del científico a España. (1912)

al final de sus días se sumió en un creciente aislamiento, tanto de la comunidad científica, como de su familia, hasta su muerte en Princeton, el 18 de abril de 1955, a los 76 años.

Blas Cabrera, acompaña a Einstein en la exposición, jugando un papel divulgador, empírico, de acercarnos al gran personaje.

Y ¿por qué Blas Cabrera? Pues, porque Blas Cabrera se constituyó en "padre de la Física española" y no sólo en una figura relevante de la ciencia en España, sino en el representante de la ciencia española, que recogía la herencia de la anterior generación: la de Cajal y Torres Quevedo.

Porque Cabrera fue una figura clave en la renovación cultural española.

Porque Cabrera dedicó una atención relevante a la revolución relativista y considerables esfuerzos para su difusión y divulgación en España y en Hispanoamérica.

Y porque Cabrera tuvo relaciones con Einstein, tanto en Zurich en 1912, como en España (1923) y en los Congresos Solvay (1930 y 1932). Así como epistolares.

La exposición consta de dos partes, que asimismo se desarrollan en dos plantas del Museo. La planta tercera incluye la parte más histórica de la muestra, con paneles y módulos interactivos sobre la física anterior a Einstein y con un despliegue audiovisual, documental y montajes didáctico que ayudan a entender la compleja personalidad del genio y el alcance de la obra de Einstein y la de Cabrera.

De todas formas, la muestra pretende que el visitante elija la (o las) historias que desea sin que dejar otras atrás, afecte a la visita.

En la segunda planta, y usando las técnicas expositivas más modernas (casualmente producto de contribuciones de Einstein a la ciencia) se presentan distintos ámbitos, unos, presentando dos películas de dibujos animados 3D sobre do cuentos de George Gamow, en otros, un taller-laboratorio experimenta con cuatro interesantes experimentos guiados, paneles con experimento mentales, donde una serie de comics de Albert y Blas explican los tópicos *mágicos* de la teorías de Einstein.

Rayos cósmicos, simulador de agujeros negros, GPS, simulador de Doppler, efecto fotoeléctrico, movimiento browniano, etc. son módulos que completan la planta.

*Jacinto Quevedo Sarmiento es director del Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología y profesor de Matemáticas.*

**Guía de lectura. Actividades**

1. Realiza un resumen del texto anterior, señalando sus ideas principales. Haz un informe de la exposición que resume el contenido de la exposición del museo Elder sobre Einstein y Cabrera,
2. Realiza una valoración del texto, señalando tus opiniones sobre lo tratado en el mismo. Después de la visita al museo Elder valora el contenido de la exposición sobre Einstein y Cabrera.
3. ¿Cuáles son las principales contribuciones de Einstein a la Ciencia?
4. ¿Por qué se celebra en el 2005 el año mundial de la Física?
5. ¿Qué tópicos sobre Einstein se esclarecen en la exposición del museo Elder? ¿Qué aspectos delicados de su vida no se temen abordar?
5. ¿Quién fue Blas Cabrera? ¿Qué contribuciones hizo a la Ciencia? ¿Qué relación tuvo con Einstein? ¿En qué diferentes lugares coincidieron ambos científicos?
6. ¿Para qué realizó Blas Cabrera una estancia en Zurich en 1912? ¿Blas Cabrera fue
7. ¿Para qué vino a Einstein a España en 1923? ¿Quién fue su anfitrión durante la visita a España?
8. Blas Cabrera se pone al frente como Director del "laboratorio de investigaciones físicas" de 1912 al 1931 y del "Instituto nacional de Física y Química" de 1932 a 1937. Convirtiéndose en el padre de la física moderna española. Realiza un informe sobre dichas instituciones en el que se recoja su estructura, sus investigadores, sus principales líneas de trabajo y sus principales relaciones con otros centros de investigación europeos y del resto del mundo?
9. Busca información y realiza un informe con la necesaria perspectiva histórica sobre la física española en el primer tercio del siglo XX, en el que aparezcan los trabajos y las relaciones de Blas Cabrera con científicos contemporáneos españoles, en especial: Arturo Duperier, Miguel Catalán, Julio Palacios, Enrique Moles, Julio Guzmán, etc.
10. ¿Qué son los Congresos Solvay? ¿En que congresos participo Blas Cabrera? ¿En cuáles coincidió con Einstein?
11. Busca información y realiza un informe sobre los Congresos Solvay, que reunía en Bruselas a los físicos más prestigiosos de principios del siglo XX, en especial haz un resumen de los de los años 1911, 1927, así como de los de 1930 y 1933 donde participo Blas Cabrera como miembro de su comité científico, señalando lo temas que abordaron y los principales asistentes
12. Busca información y con las pautas y la **ficha biográfica** entregada por el profesor realiza una biografía de Blas Cabrera en la que se recoja su vida su obra, sus principales distinciones y cargos más significativos que ocupó y las características de la sociedad de su tiempo.
13. Realiza un comentario de texto del artículo de prensa ampliado la siguiente ficha a las dos caras de un folio:

Nombre del lector: .....

**FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO.**


✎ Autor	
✎ Año de publicación	
✎ Título	
✎ Lugar y Editorial	
✎ Palabras clave que identifican la publicación	
✎ Objetivos del artículo	
✎ Resumen o esquema de las principales ideas del artículo	

**FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO (Reverso)**

✎ Principales conclusiones	
✎ Valoración personal	

Diseño y Adaptación didáctica: Grupo Lentiscal de Didáctica de la Física y Química

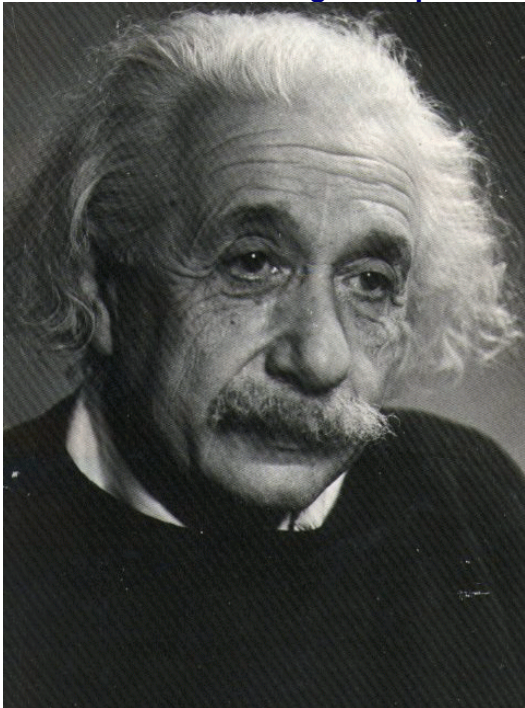
**ACTIVIDAD: Después de leer la biografía de Blas Cabrera científico y humanista, completa la siguiente ficha.** Busca la información necesaria y utiliza los documentos de apoyo entregados por el profesorado

<b>FICHA: BIOGRAFÍA DEL CIENTÍFICO:</b>		( _____ - _____ )
<p><b>1. PERFIL BIOGRÁFICO</b> (Cronología que recoja los principales aspectos de su vida y de su obra. Principales aportaciones realizadas. Hechos más destacados)</p>		
<p><b>2. FORMACIÓN CIENTÍFICA</b> Principales influencias que recibió. Ideas dominantes de la Ciencia en la que se formó. Cuáles fueron sus maestros y marcos teóricos que existían en su época y que influyeron en su formación. Estado en que se encontraban los problemas que más tarde abordó</p>		
<p><b>3. LA CIENCIA Y LA SOCIEDAD DE SU ÉPOCA</b> Contexto social y político que se vivía. Influencia de la sociedad de su época en los desarrollos científicos. Principales acontecimientos, ideas sociales y políticas de la sociedad de su época.</p>		
<p><b>4. APORTACIONES A LA CIENCIA.</b> Descubrimientos realizados y teorías elaboradas. Principales obras escritas por orden cronológico.</p>		
<p><b>5. RELACIONES CON SUS CONTEMPORÁNEOS</b> Otros científicos o personas relevantes de la sociedad de su época.</p>		
<p><b>6. APLICACIONES TECNOLÓGICAS E IMPLICACIONES SOCIALES DE LOS DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS</b> Establecer un paralelismo cronológico que señale las interrelaciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.</p>		
<p><b>7. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA</b> Libros o artículos de revistas utilizados, materiales o documentos de apoyo entregados por el profesorado y utilizados. <b>Reseñar en la forma:</b> APELLIDO, Nombre (año): <i>Título del libro o artículo.</i> Ciudad, Editorial o nombre número y páginas de la revista.</p>		

## 1905-2005: CENTENARIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (6-2)

### CRONOLOGÍA DE ALBERT EINSTEIN

Emigdia Repetto Jiménez y Francisco Martínez Navarro



**ALBERT EINSTEIN (1879-1955)**

Físico alemán de origen judío. Nacionalizado suizo y posteriormente estadounidense. En 1901, tras completar sus estudios en la Escuela Técnica Superior de Zurich, Einstein adoptó la nacionalidad suiza y empezó a trabajar en la Oficina de Patentes de Berna.

En el año **1905** publicó en los prestigiosos *Annalen der Physik* trabajos profundamente originales: el primero establecía una teoría estadística del movimiento browniano; el segundo proporcionaba una explicación del efecto fotoeléctrico basada en la hipótesis de los cuantos de luz; y el tercero sentaba las bases de la teoría restringida de la relatividad. Los dos primeros trabajos le valieron la concesión del **premio Nobel de física en 1921**.

Tras ocupar puestos docentes en Berna, Praga y Zurich, Einstein aceptó en 1914 trasladarse a Berlín como investigador en la Real academia Prusiana de Ciencias. Las observaciones del eclipse de Sol del año 1919 aportaron una comprobación experimental de su teoría general de la relatividad, publicada en 1916, lo que le aseguró la fama internacional. Sus ataques al nacionalismo y su pacifismo, manifestado ya durante la primera guerra mundial, acabaron por determinar su persecución por parte del nazismo; en 1933, aceptó entrar a formar parte del Instituto de estudios avanzados de Princeton, en Estados Unidos, donde permanecería hasta su muerte. En 1940 adquirió la nacionalidad estadounidense. En 1954 firma el manifiesto Russell- Einstein, contra la carrera de armamentos y el uso de armas nucleares de destrucción masiva.

*Emigdia Repetto Jiménez es Catedrática de Didáctica de las Ciencias de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Francisco Martínez Navarro es Catedrático de Física y Química de Secundaria Y Doctor en Ciencias de la Educación.*

- 1879** Nace en Ulm, Alemania.
- 1896** Inicia sus estudios superiores en el Instituto Federal de Tecnología de Zurich.
- 1901** Adquiere la nacionalidad suiza.
- 1902** Ingresa como funcionario en la Oficina Federal de Patentes en Berna.
- 1903** Contrae matrimonio con Mileva Maric, con la que tendrá dos hijos.
- 1905** Publica sus primeros artículos en los Anales de Física en los que aborda los campos del *movimiento browniano*, el efecto fotoeléctrico y la relatividad especial.
- 1909** Consigue su primera plaza de profesor titular en la Universidad de Zurich.
- 1913** Es nombrado director del Instituto de Física Kaiser Wilhelm en Berlín.
- 1916** Publica la *Teoría general de la relatividad*.
- 1919** Divorciado de Mileva, contrae matrimonio con Elsa, una prima suya.  
Se comprueba su teoría de la relatividad en el eclipse de Sol de marzo de 1909, transformándolo la prensa en un icono científico.
- 1920** Conoce a Leo Szilard, con quien desarrollará inventos como un frigorífico y una bomba electromagnética sin piezas móviles.
- 1921** Recibe el Premio Nobel de física.
- 1923** Visita España, haciendo de anfitrión el físico canario Blas Cabrera.
- 1933** Abandona Alemania y vive exiliado en Francia, Bélgica, Reino Unido y Estados Unidos. Allí será catedrático de física teórica en el Instituto de Estudios Superiores de Princeton.
- 1939** Carta a Roosevelt en la que le solicita emprender un programa de investigación sobre la bomba atómica, ante el temor de que la consiguieran primero los nazis.
- 1940** Adopta la nacionalidad estadounidense.
- 1945** Se retira de la docencia para poder desarrollar con exclusividad sus investigaciones teóricas. Se lanzan sendas bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki.
- 1946** Preside el Comité de emergencia de Científicos Atómicos, para impedir una guerra nuclear.
- 1952** Recibe el ofrecimiento de convertirse en presidente de Israel. Deniega el ofrecimiento amablemente.
- 1954** Publica el manifiesto Russell – Einstein, contra la carrera de armas nucleares.
- 1955** Muere en Princeton (EE.UU.).

**Guía de lectura. Actividades**

1. Realiza un resumen del texto anterior, señalando sus ideas principales.
2. Realiza una valoración del texto, señalando tus opiniones sobre lo tratado en el mismo.
3. Indica que consecuencias tuvo sobre la vida y la obra de Albert Einstein su origen judío.
4. Resalta de su biografía y de su cronología los datos que consideres de mayor interés.
5. ¿Cuáles fueron las principales líneas científicas de trabajo de Albert Einstein, que publicó en 1905? ¿Por qué han tenido una gran influencia sobre la física sus principales aportaciones científicas?
6. ¿Cuáles fueron las principales ideas y opiniones públicas de Albert Einstein sobre política o religión? En especial señala sus ideas sobre la guerra, los ejércitos y el armamento nuclear?
7. ¿Por qué han tenido una gran influencia sobre la Sociedad de su época y tanto eco en los medios de comunicación de su tiempo sus ideas y opiniones sociales y políticas?
8. A Einstein se le considera un pacifista convencido. Señala sus principales contribuciones y actuaciones a lo largo de su vida a favor de la paz y del desarme?
9. Einstein participó junto con otros científicos en asociaciones por la paz y el desarme. Realiza una pequeña investigación en la que relaciones científicos agrupaciones de científicos y organizaciones internacionales que destacan en la lucha por la paz y el desarme.
10. Amplia su biografía, usando como guión y completando la ficha biográfica entregada. Busca información y realiza un informe con la necesaria perspectiva histórica sobre la vida, la obra, las distinciones, los cargos ocupados más significativos y las características de la sociedad de su tiempo.
11. Realiza un comentario de texto del artículo de prensa ampliado la siguiente ficha a las dos caras de un folio:

Nombre del lector: .....

**FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO.**


✎ Autor	
✎ Año de publicación	
✎ Título	
✎ Lugar y Editorial	
✎ Palabras clave que identifican la publicación	
✎ Objetivos del artículo	
✎ Resumen o esquema de las principales ideas del artículo	

**FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO (Reverso)**

✎ Principales conclusiones	
✎ Valoración personal	

<b>DISTINCIONES Y CARGOS MÁS SIGNIFICATIVOS DE ALBERT EINSTEIN (1879-1955)</b>	<b><u>OBRAS MÁS SIGNIFICATIVAS DE ALBERT EINSTEIN (1879-1955)</u></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Profesor adjunto en la Universidad de Zürich (1909)</li> <li>➤ Doctor Honoris causa de la Universidad de Ginebra (1909).</li> <li>➤ Catedrático de la Universidad de Praga. (1911).</li> <li>➤ Miembro de la primera conferencia Solvay, pronunciando la conferencia de clausura (1911).</li> <li>➤ Profesor de física teórica del Instituto tecnológico federal de la Universidad de Zürich (1912-1914).</li> <li>➤ Catedrático de física teórica en la Universidad de Berlín (1914).</li> <li>➤ Investigador en la academia prusiana de Ciencias (1914).</li> <li>➤ Director del Instituto de Física Kaiser Wilhelm de Berlin (1914).</li> <li>➤ Premio Nobel de Física (1921)</li> <li>➤ Recibe la medalla Copley (1928)</li> <li>➤ Nombrado miembro del equipo directivo de la Universidad Hebrea. (1928)</li> <li>➤ Miembro del Comité Científico de las Conferencias Solvay (Bruselas). (1927-1933)</li> <li>➤ Recibe la 2ª medalla Planck (1929)</li> <li>➤ Recibe las llaves de la ciudad de New York (1930).</li> <li>➤ Catedrático de física teórica en el Instituto de estudios avanzados de Prinetom 1914).</li> <li>➤ Recibe la medalla Franklin. (1935)</li> </ul>	<p><b>1905:</b> Artículos en los Anales de Física alemanes sobre el efecto fotoeléctrico, el movimiento Browniano y la teoría de la relatividad restringida.</p> <p><b>1916.</b> Teoría general de la relatividad</p> <p><b>1917:</b> Sobre la teoría especial y general de la relatividad</p> <p><b>1921:</b> El significado de la relatividad.</p> <p><b>1922;</b> Teoría del campo unificado.</p> <p><b>1925:</b> Manifiesto contra el servicio militar obligatorio (Con Gandhi)</p> <p><b>1933:</b> ¿Por qué la guerra? (Con Sigmud Freud)</p> <p><b>1934:</b> Mi concepción del mundo</p> <p><b>1938:</b> La evolución de la física: La física aventura del pensamiento.</p> <p><b>1948:</b> Mi visión del mundo</p> <p><b>1949:</b> Querido profesor Einstein. Correspondencia con los niños.</p> <p><b>1931-1950:</b> Sobre el humanismo: escritos sobre política, sociedad y ciencia.</p> <p><b>1940-1950:</b> Autobiografía</p> <p><b>1950:</b> De mis últimos años</p> <p><b>1950:</b> Teoría del campo unificado</p> <p><b>1954:</b> Ideas y opiniones</p> <p><b>1948:</b> Mi visión del mundo.</p> <p><b>1955:</b> Manifiesto Russell – Einstein.</p>

**ACTIVIDAD: Después de leer la biografía de Albert Einstein científico y humanista, completa la siguiente ficha.** Busca la información necesaria y utiliza los documentos de apoyo entregados por el profesorado

<b>FICHA: BIOGRAFÍA DEL CIENTÍFICO:</b> ( _____ - _____ )	
<p><b>6. PERFIL BIOGRÁFICO</b> (Cronología que recoja los principales aspectos de su vida y de su obra. Principales aportaciones realizadas. Hechos más destacados)</p>	
<p><b>7. FORMACIÓN CIENTÍFICA</b> Principales influencias que recibió. Ideas dominantes de la Ciencia en la que se formó. Cuáles fueron sus maestros y marcos teóricos que existían en su época y que influyeron en su formación. Estado en que se encontraban los problemas que más tarde abordó</p>	
<p><b>8. LA CIENCIA Y LA SOCIEDAD DE SU ÉPOCA</b> Contexto social y político que se vivía. Influencia de la sociedad de su época en los desarrollos científicos. Principales acontecimientos, ideas sociales y políticas de la sociedad de su época.</p>	
<p><b>9. APORTACIONES A LA CIENCIA.</b> Descubrimientos realizados y teorías elaboradas. Principales obras escritas por orden cronológico.</p>	
<p><b>10. RELACIONES CON SUS CONTEMPORANEOS</b> Otros científicos o personas relevantes de la sociedad de su época.</p>	
<p><b>6. APLICACIONES TECNOLÓGICAS E IMPLICACIONES SOCIALES DE LOS DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS</b> Establecer un paralelismo cronológico que señale las interrelaciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.</p>	
<p><b>7. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA</b> Libros o artículos de revistas utilizados, materiales o documentos de apoyo entregados por el profesorado y utilizados. <b>Reseñar en la forma:</b> APELLIDO, Nombre (año): <i>Título del libro o artículo.</i> Ciudad, Editorial o nombre número y páginas de la revista.</p>	

## Documento: "Carta de Einstein al presidente Roosevelt"

F.D. Roosevelt. Presidente de los Estados Unidos. Casa Blanca, Washington D.C.

Señor: Recientemente ha llegado a mi conocimiento la versión manuscrita de algunos trabajos de E. Fermi y L. Szilard que hacen concebir la esperanza de que el elemento Uranio pueda ser convertido en una nueva e importante fuente de energía en un futuro inmediato. Algunos aspectos de la situación actual parecen obligar a la Administración a una gran vigilancia y, si es necesario a una rápida acción. Considero, por lo tanto, que mi deber es llamarle la atención sobre los siguientes hechos y recomendaciones.

En los cuatro últimos meses, la obra de Joliot en Francia y de Fermi y Szilard en los Estados Unidos ha demostrado la posibilidad - muy viable- de producir reacciones nucleares en cadena, en una gran masa de uranio; con ellas se generarían grandes cantidades de energía y de nuevos elementos radiactivos. Parece seguro que todo ello puede conseguirse en un futuro inmediato.

Este nuevo fenómeno permitiría la construcción de bombas y es concebible - aunque no tan seguro- que podrían construirse bombas extremadamente poderosas, de un nuevo tipo. Una sola de estas bombas, transportada en un barco, o lanzada en un puerto, podría destruir todo el puerto y una gran parte de sus alrededores. Puede ocurrir sin embargo, que estas bombas sean demasiado pesadas para poderlas transportar por aire.

Estados Unidos dispone de minerales de uranio muy pobres y en cantidades moderadas. Hay buenos yacimientos en el Canadá y en la ex - Checoslovaquia; pero los yacimientos de uranio más importantes se encuentran en el Congo Belga.

En vista de esta situación, quizá considere usted deseable establecer un contacto permanente entre la Administración y el grupo de físicos dedicados a los problemas de la reacción en cadena en los Estados Unidos. Una de las formas posibles de esta relación podría consistir en que Usted, nombrase para encargarse de ella a una persona que goce de su confianza y que pueda actuar de manera oficiosa. Su tarea comprendería los siguientes extremos:

1. Relacionarse con los diversos departamentos gubernamentales, mantenerles informados de la evolución de las investigaciones y hacer recomendaciones para la acción del gobierno, con particular atención al problema de asegurar un suministro continuo de mineral de uranio a los Estados Unidos.
2. Acelerar el trabajo experimental, que se realiza actualmente dentro de los límites de los presupuestos de los laboratorios universitarios; para ello habría que suministrar recursos económicos, si fuese necesario, estableciendo contacto con personas privadas deseosas de contribuir a esta causa y obteniendo quizá, la colaboración de laboratorios industriales dotados del equipo necesario.

Sé que Alemania ha prohibido la venta del uranio de las minas checoslovacas, sometidas actualmente a su control. Esta medida puede explicarse, quizá, porque el hijo del secretario de Estado alemán, von Weizsäcker, trabaja en la Kaiser - Wilhelm - Gesellschaft de Berlín, donde están repitiendo actualmente algunos de los experimentos norteamericanos sobre el Uranio.

Su affmo. s.s. A. Einstein  
(Enviada el 12 de octubre de 1939 al presidente Roosevelt)

### Actividades:

- A.1 ¿Por qué crees que Einstein anima a El presidente de los EEUU a la fabricación de la bomba?
- A.2 ¿Cómo se puede obtener grandes cantidades de energía del núcleo atómico?
- A.3 ¿Crees que la Ciencia es neutral? Comenta la frase: " Si quieres la paz prepárate para la guerra"
- A.4. ¿Es responsable el científico de la inadecuada utilización de sus descubrimientos?
- A.5. Elabora un resumen biográfico de Albert Einstein en el que se destaquen los aspectos históricos, sociales, políticos y culturales de la sociedad de su época.

**Documento: "El manifiesto de Russell - Einstein"**

Ante la trágica situación que enfrenta la humanidad, creemos necesario que los científicos deben reunirse en una conferencia, para valorar los peligros crecientes que se desprenden del desarrollo de las armas de destrucción masiva, y para discutir una resolución redactada en el espíritu del borrador que se adjunta a ésta.

No hablamos en esta ocasión como miembros de tal o cuál nación, continente o credo, sino como seres humanos, miembros de la especie humana, cuya supervivencia ya está puesta en duda. El mundo esta lleno de conflictos y, por encima de todos los conflictos menores, está la titánica lucha entre el comunismo y el anticomunismo.

Casi todas las personas políticamente conscientes están sensibilizadas con respecto a alguno de estos conflictos. Pero es necesario que nos desprendamos de percepciones parciales, para considerarnos miembros de una especie biológica que ha tenido una extraordinaria historia y cuya desaparición no es deseada por ninguno de nosotros.

Hemos de aprender a pensar de una nueva forma. Tenemos que aprender a preguntarnos, no que medidas hay que tomar para que el grupo que preferimos obtenga la victoria militar, porque este tipo de medidas ya no existen, sino qué medidas hay que tomar para prevenir la conflagración militar, cuyo resultado sería desastroso para cualquiera de las partes.

La opinión pública, e incluso muchas personas con puestos de autoridad, no saben aún lo que sería una guerra donde se usaran armas nucleares. Todavía se piensa en términos de destrucción de ciudades. Se entiende que las nuevas bombas son más potentes que las viejas, y que mientras una bomba A pudo destruir Hiroshima, una bomba H podría destruir ciudades tan grandes como Londres, Nueva York o Moscú.

No cabe duda de que una guerra en la que se usaran estas bombas H supondría la destrucción de estas grandes ciudades. Pero esto sería uno de los desastres menores que deberíamos afrontar. Si todos los habitantes de Londres, Nueva York o Moscú fuesen exterminados, el mundo podría, en cuestión de algunos siglos, recuperarse del golpe. Pero sabemos, especialmente tras las pruebas nucleares de Bikini, que las bombas atómicas pueden extender gradualmente la destrucción sobre un área muy superior a la inicialmente supuesta.

Se sabe de fuentes muy fiables, que es perfectamente posible fabricar una bomba que sea unas 2.500 veces más potente que la que destruyó Hiroshima. Tal bomba, si estallara sobre la superficie terrestre o debajo del agua, emitiría partículas radioactivas hacia las capas más altas del aire, que luego descenderían sobre el suelo en forma de lluvia o polvo mortal. Fue precisamente este polvo el que contagió a los pescadores japoneses y a al pesca capturada por ellos.

Lo cierto es que nadie sabe con certeza hasta dónde podría extenderse la difusión de esas mortíferas partículas radioactivas, pero las fuentes más rigurosas son unánimes al afirmar que es muy posible que una guerra a base de bombas H signifique la muerte universal, una muerte que solo sería súbita para una minoría y que para la mayoría restante, representaría una lenta tortura de enfermedades y desintegración... Hemos comprobado que las personas que más saben son las más pesimistas. Este es pues el interrogante que planteamos, espantoso, terrible e ineludible: ¿desaparecerá la raza humana o la humanidad renunciará a la guerra? Mucha gente no acepta tal alternativa, porque le parece muy difícil que se consiga desterrar la guerra. La supresión de la guerra exigiría desagradables limitaciones de la soberanía nacional... La gente apenas puede imaginarse que ellos mismos individualmente, y las personas a las que quieren, están en inminente peligro de perecer angustiosamente....

Ante nosotros está, si lo escogemos, un continuo progreso en términos de felicidad, conocimiento y sabiduría. ¿Escogeremos la muerte como alternativa, sólo porque somos incapaces de suprimir nuestras querellas?

Hacemos, como seres humanos, un llamamiento a los seres humanos: **Recuerda que eres humano y olvida el resto.** Si los hombres obramos así, se abrirá ante nosotros el camino hacia un nuevo paraíso, en caso contrario, quedará con nosotros el peligro de la muerte universal.

**Resolución del Congreso:**

Invitamos a este Congreso a los científicos del mundo y al público en general, a suscribir la siguiente resolución:

**"Ante el hecho de que en toda futura guerra mundial se emplearán con certeza las armas nucleares, y de que tales armas amenazan la existencia misma de la humanidad, hacemos un llamamiento a los gobiernos de todo el mundo, para que entiendan, y lo reconozcan públicamente, que sus propósitos ya no pueden lograrse mediante una guerra mundial y, consecuentemente, para que resuelvan por medios pacíficos cualquier contencioso que exista entre ellos".**

Profesor Bertrand Russell y Profesor Albert Einstein (Premio Nobel de Física) Abril 1955

Profesor Max Born (Profesor de física teórica en Berlín, Francfort, Göttingen y Edimburgo; premio Nobel de Física)

Profesor P.W. Bridgman (Profesor de física teórica, Universidad de Harvard; premio Nobel de Física)

Profesor L. Infeld (Profesor de física teórica de Varsovia) Profesor F. Joliot Curie (Premio Nobel en química)

Profesor Linus Pauling (Profesor de química, Instituto de Tecnología de California; premio Nobel de química)

Profesor Hideki Yukawa (Profesor de física teórica. Universidad de Kyoto; premio Nobel de Física)...

**Actividad:** Análisis y comentario crítico del manifiesto Russell Einstein y su contexto social