

“LA CUESTIÓN DEL TIEMPO”

“Tempus fugit. Carpe Diem”

El presente trabajo es un resumen-recopilación-reflexión de -entre otros- dos artículos aparecidos en la revista MUNDO CIENTÍFICO, n° 225, cuyos autores son E. Klein y M.L. Rey titulados “El tic-tac de los físicos” y “¿Existe el tiempo cósmico?” respectivamente.

(julio 2001)

· Rafael González Farfán ·

Ya desde la antigüedad, el Hombre se ha preguntado “qué cosa es el tiempo”, cómo fluye, cómo lo percibimos, qué es el pasado, el presente y el futuro... Una de las primeras opiniones que sentaron cátedra –como tantas- fueron las debidas a Newton. Hoy en día, los físicos, sobre todo los teóricos, que en opinión de S.Hawking son los que *hacen* verdadera filosofía, no han dejado aparcada la cuestión y proponen sugerentes ideas sobre el tiempo y su fluir, su representación y sus dimensiones. La *teoría de las supercuerdas* abandera una serie de ideas atractivas sobre este antiguo “concepto”.

A lo largo de la historia han existido comparaciones sugerentes sobre el tiempo y su fluir. Sin duda, una de las más conocidas es la identificación del transcurrir del tiempo con la de un río, aunque ha habido aventurados novelistas que han tratado de imaginar la detención del tiempo, sin llegar a plantearse la paradoja a que esto conduce, pues si tal detención del tiempo sucede sin que el mundo deje de existir, de perdurar, es porque el mundo permanece, y si permanece es que hay “un tiempo que pasa”. Por tanto, imaginar que el tiempo se detiene y que el mundo continua existiendo lleva a una contradicción. Como sólo se puede existir en el tiempo, la detención de éste significaría la detención del presente, esto es, la desaparición de todo lo existente. Por tanto, aunque resulta difícil definir “qué cosa es el tiempo”, sí podría decirse, al menos, que *como mínimo* es aquello por medio de lo cual las cosas persisten en su estar presentes, o dicho de otro modo, que es el modo más simple que ha encontrado la naturaleza para que NO todo suceda de golpe. Con todo, esto no puede tomarse como una definición de tiempo, ni mucho menos.

De todos modos, la física no se interesa por todas las preguntas de este estilo que se puedan formular; sólo por aquellas que puede abordar con sus competencias y “su método”. Así, los físicos no tratan de resolver *directamente* la delicada cuestión de la naturaleza del tiempo, o al menos, si lo hacen, es sólo al margen de sus teorías. Mas bien, lo que buscan es el mejor modo de representar el tiempo, que no es lo mismo. Estas cuestiones han venido interesando a la Humanidad desde la época de Parménides y los eleatas, pasando por Heráclito y los atomistas hasta nuestros días.

La mayoría de los historiadores de la ciencia, admiten que la física moderna se inicia en el siglo XVII con Galileo, que fue el primero en interesarse por el lugar del tiempo en la física. Ello le llevó a considerar el tiempo como *una magnitud cuantificable* susceptible de ordenar las experiencias y unir las entre sí matemáticamente. Sus estudios sobre la caída de los cuerpos y el descubrimiento de que la velocidad de caída era proporcional al tiempo desembocaron en la dinámica moderna en donde se daría al tiempo una naturaleza inédita y matematizable. La primera matematización del tiempo físico consistió en decir que éste tiene una sola dimensión (basta un solo número para determinar un instante) y que es continuo. Tal representación del tiempo incita a asimilarlo a un flujo formado por instantes infinitamente cercanos recorridos unos tras otros. Implica también que NO hay varios tiempos a la vez, en concordancia con nuestro *sentido común*, que nos presenta los sucesos solapándose en el tiempo, pero sin lagunas. Nunca deja de haber tiempo. En esta visión el tiempo se nos presenta mucho más simple que el espacio, que necesita tres dimensiones para definirse y describirse.

En su versión lineal, el tiempo puede ofrecernos dos variantes: *la recta o el círculo* según que la línea del tiempo sea abierta o cerrada. Por tanto, en principio, no hay más que dos tiempos posibles, el tiempo lineal y el tiempo cíclico. El transcurso del tiempo se manifiesta en estas curvas por su orientación, es decir, por el hecho de estar recorridas en un sentido bien definido, del pasado al futuro. El que los físicos hayan optado por un tiempo lineal en vez de un tiempo cíclico se debe **al principio clásico de causalidad**, según el cual la causa de un fenómeno precede necesariamente al propio fenómeno. Este principio, por tanto, parece prohibir los viajes en el tiempo, ya que permitirían de hecho actuar retroactivamente en el pasado para modificar una serie de acontecimientos que ya han tenido lugar. Está claro que en un tiempo cíclico, ir hacia el futuro equivale a volver al pasado, de tal modo que lo que llamamos causa podría ser también efecto y recíprocamente. Con el tiempo lineal este tipo de “paradojas” se eliminan planteando un devenir del pasado al futuro para el tiempo, igual que en un río.

Este principio de causalidad es esencial para la física, y a lo largo de su historia ha tenido distintas formulaciones, siendo la visión de la física clásica, la de la relatividad restringida y la de la física de partículas las más notables. La visión de la física clásica es la que acabamos de exponer como tiempo lineal, fluyendo del pasado al futuro, sin posibilidad de regresar al pasado. En la relatividad restringida, el principio de causalidad está salvaguardado por la imposibilidad de transmitir energía o información a una velocidad superior a la de la luz. En la teoría cuántica, las limitaciones del principio de causalidad se expresan por medio de determinadas reglas (reglas de conmutación de los operadores de campo) que impiden, por un lado, que toda partícula se propague más deprisa que la luz en el vacío, y por otro, exigen que la creación de una partícula preceda a su aniquilación. Condiciones como estas hacen necesaria la existencia de partículas matemáticamente descritas como partículas que remontan el curso del tiempo. Pero si se admite que el tiempo tiene un curso idéntico para todas las partículas, entonces, tales partículas que parecen remontar el curso del tiempo se reinterpretan como antipartículas que siguen el curso del tiempo. En otras palabras, la antipartícula es como la huella *material* del hecho de suponer que el tiempo tiene un sentido único.

Tiempos.

La física NO consigue explicar la relación entre *el tiempo físico y el tiempo psicológico* (el tiempo de los relojes y el tiempo de la conciencia). Tales tiempos parecen tener vínculos que los unen, pero poseen propiedades diferentes, y a veces hasta contrarias. De entrada, sus estructuras difieren: el tiempo físico transcurre idéntico a sí mismo, el subjetivo en cambio sucede con ritmos diferentes y con discontinuidades. El tiempo físico (concentrado siempre en el presente) separa el infinito del pasado del infinito del futuro, mientras que el psicológico mezcla dentro del presente un poco de pasado reciente y un poco de futuro próximo. En el tiempo físico, los instantes sucesivos nunca, existen juntos; el psicológico elabora dentro del presente una especie de coexistencia entre el pasado inmediato y el futuro inminente. El psicológico une lo que el físico separa continuamente, conserva lo que el físico se lleva, incluye lo que el físico excluye, manteniendo lo que el otro elimina.

También en el modo de fluir hay diferencias en estos tiempos. El físico fluye uniformemente en la concepción clásica, mientras que en el psicológico lo hace tan variablemente que la noción de tiempo vivido tiene una consistencia muy relativa: no hay dos personas que en un tiempo dado cuenten el mismo número de instantes. Nuestra estimación del tiempo transcurrido varía con la edad y sobre todo con la intensidad del significado que tienen *para nosotros* los sucesos que ocurren. Nada de esto es aplicable al tiempo físico, y precisamente por eso llevamos reloj de pulsera. Parecen por tanto irreducibles e irreconciliables estas nociones de tiempo. Es posible que la física, a fuerza de esquematizaciones, haya dejado escapar algunas de las propiedades fundamentales del tiempo. Es posible, incluso, que el tiempo físico no sea más que una empobrecida idealización del tiempo de la vida.

¿Es posible “*atomizar*” el tiempo físico? ¿Tiene sentido hacerlo? ¿Podría ser discontinuo el tiempo? Hasta ahora, ninguna teoría seria se ha ocupado de un tiempo discontinuo. Plantea enormes dificultades conceptuales: ¿cómo puede estar formado el tiempo de instantes particulares separados entre sí por duraciones carentes de tiempo? ¿Cuánto durarían los instantes privados de tiempo? Vemos en esto, de nuevo, el fantasma del tiempo detenido, aunque es posible que las ecuaciones de la física nos pongan en situaciones que aún somos incapaces de imaginar, nacidas de una nueva física que modifique nuestra representación del espacio y del tiempo. Una línea de investigación fructífera e interesante lo constituye hoy día las llamadas **teorías de supercuerdas**, nacida en 1970. En esencia, según estas ideas, las partículas NO se representan por objetos de dimensión nula, sino por objetos unidimensionales –supercuerdas– que vibran en espacios de muchas dimensiones (mayor que tres). Para entender la génesis de estas ideas hay que retomar la inquietud de Einstein al preguntarse sobre si las ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo podrían surgir como propiedades geométricas del espacio-tiempo, igual que había sucedido con la gravedad. Con objeto de unificar gravedad y electromagnetismo T. Kaluz y O. Klein propusieron en 1920 una teoría que parecía incorporar electromagnetismo y gravitación. Observaron que escribiendo las ecuaciones de Einstein de la relatividad general en un espacio-tiempo de cinco dimensiones se podían obtener, *por medio de proyecciones*, las ecuaciones habituales de la relatividad general y una ecuación suplementaria equivalente a las ecuaciones de Maxwell. Por tanto, una fuerza única en un espacio de cinco dimensiones parecía equivalente a dos interacciones (gravedad y electromagnetismo) en un espacio-tiempo de cuatro. De ahí la idea de que la unificación de las interacciones podía necesitar de un enriquecimiento de dimensiones, siempre y cuando se explicara por qué no percibimos esas dimensiones-extras. Kaluz y Klein sugirieron que la quinta de sus dimensiones

está enrollada sobre sí misma a una escala ínfima, y por tanto imperceptible. Actualmente, las ideas de Kaluza-Klein se han ampliado a muchas más dimensiones (unas once). Se supondría que al menos una de estas dimensiones suplementarias es temporal. El tiempo tendría así varias dimensiones, de las que sólo una, la que corresponde al tiempo físico habitual, NO estaría enrollada sobre sí misma. En realidad estas ideas no han avanzado demasiado, pues tropiezan con numerosos escollos: ¿cómo interpretar la existencia de varios tiempos? Esta cuestión es aún más desconcertante cuando se nos habla de dimensiones temporales enrolladas, violando la causalidad y obligando a las partículas a regresar periódicamente a su pasado, en una especie de eterno retorno... Tal vez las nuevas ideas consigan demostrar que el espacio y el tiempo sólo son nociones útiles que emergen de estructuras que no las contienen a muy pequeña escala. Con todo, si las ecuaciones físicas siguen siendo tan audaces, el tiempo pronto dejará de ser lo que es.

El tiempo Cósmico. ¿Existe?

¿Es posible definir un tiempo único que transcurra a escala del Universo entero? A pesar de no estar nada clara la respuesta, la mayoría de los cosmólogos recurren, aunque sólo sea de modo operacional, a un *tiempo cósmico* cuyas características y propiedades profundas exigen la elaboración de una física más amplia que la actual, provista de nuevos conceptos.

La cosmología actual descansa sobre la relatividad de Einstein que es una teoría, sobre todo, del espacio, del tiempo y de la gravitación. En ella se nos habla de un espacio-tiempo que combina *algunas propiedades* familiares del espacio y del tiempo, pero que en general, no se reduce ni a uno ni a otro, y aunque no se pueda hablar de un tiempo absoluto, la relatividad nos permite hablar de tiempos relativos, de tal modo que “nuestro tiempo” físico que nos permite describir fenómenos observados no es el mismo que mide otro observador en otro lugar del Universo o afectado de un movimiento relativo a mí. Tanto es así, que dos sucesos que yo veo como simultáneos, otro observador en otro lugar NO los percibe así. Y si él mide la duración de un fenómeno no encuentra el mismo valor que yo. Cada uno de nosotros puede definir y usar su “tiempo propio”, distintos según los observadores, y el que realmente tiene sentido para él, pues será el que mida sus relojes. Aunque para los habitantes de la Tierra este tiempo propio sea prácticamente el mismo para todos, es necesario tener presente que esto no sucede para observadores situados en lugares distintos (un astronauta, por ejemplo). Por lo tanto, un tiempo para cada observador, y de validez puramente local, NO permite obtener ningún tiempo único a escala del Universo, un tiempo cósmico. En principio podría hablarse de éste cuando todos los observadores consiguieran sincronizar sus tiempos propios, y aunque sus relojes indiquen sus tiempos propios, al menos se podrá poner en relación con *nuestro* tiempo propio. Esta situación es, al menos, teóricamente posible y adoptar por tanto un tiempo cósmico. Por comodidad se opta por definirlo de modo que en nuestro entorno coincida con nuestro tiempo propio, pero sin olvidar que es una pura convención.

Actualmente, con la física de hoy, solo se ha podido llegar a escudriñar (con lagunas) los secretos del Universo hasta los 10^{-43} segundos de su formación (*tiempo de Planck*). Conocer los entresijos de esa etapa anterior al tiempo de Planck es crucial si queremos saber por qué sucedió el Universo tal y como lo vemos. Sin embargo, la física que aborde esta época está aún por descubrir.

Para abordar esa cuestión es necesario recordar la idea de irreversibilidad de algunos procesos. La mayoría de los fenómenos que suceden en la naturaleza son, en apariencia al menos, irreversibles. Esto significa que la secuencia inversa de los sucesos que constituyen el fenómeno, empezando por el final y terminando por el principio, se considera físicamente imposible. El origen de esta irreversibilidad ha sido durante mucho tiempo un misterio, sobre todo para aquellos que han querido considerarla como una propiedad del tiempo físico. Sin embargo, desde la obra de L. Boltzman hemos aprendido que nuestra descripción de la evolución de un fenómeno es necesariamente disimétrica, ya que conocemos el estado inicial pero no el final; nosotros introducimos una asimetría temporal en la descripción. El fenómeno puede considerarse como reversible, pero somos incapaces de describirlo con la precisión suficiente para dar cuenta de esta reversibilidad. Lo mismo sucede en física cuántica: la evolución de un sistema parece irreversible porque somos incapaces de describir perfectamente todos los grados de libertad del “supersistema” que comprende al pequeño y a su inmenso entorno, sobre todo, el instrumento de medida y el observador. Con todo, hay un fenómeno cósmico que presenta una disimetría total entre pasado y futuro. Es la expansión del Universo. ¿No podría la expansión del Universo ser una flecha del tiempo “maestra” en el sentido de que determine todas las demás? Pero comprender la naturaleza de la expansión obliga a remontarse

a los primerísimos instantes del Universo, al tiempo de Planck. La cuestión está por tanto ligada al origen del tiempo, y por ende, a buscar la síntesis entre gravitación y física cuántica. Otros opinan que la cosmología ha de mirarse desde un punto de vista cuántico, ya que ¿cómo es posible que el mundo sea clásico para la gravitación y la cosmología y cuántico para las demás interacciones? Esto implicaría concepciones diferentes para el espacio, el tiempo, la materia... Hay teóricos que creen que la respuesta a estas contradicciones hay que buscarla en la creación de **una teoría de la gravedad cuántica**, que sería también una teoría del origen del espacio y del tiempo. Esta teoría ni siquiera está aún en pañales, y todo lo que hay sobre ella son sólo especulaciones.

Por lo tanto, si queremos tener una idea satisfactoria sobre lo que es el tiempo y su significado, es necesario acudir a su origen, al que por ahora no hemos podido acceder. O tal vez, como opinan algunos, la necesidad del tiempo físico sea sólo accesorio, no fundamental. De nuevo *el devenir del tiempo* nos dará la respuesta.

Julio, 2001