

¿Qué es el tiempo ?

Martín Bárcenas Escobar
Profesor Titular en el área de física

Todo parece indicar que el tiempo corre inexorablemente, del pasado inmutable hacia el incierto futuro, pasando por el presente tangible. Pero eso es mera ilusión.

Paul Davies



Dalí, Salvador. Printmaking

San Agustín de Hipona, famoso teólogo del siglo V señalaba que sabía qué era el tiempo, hasta que alguien se lo preguntaba. Entonces le hacían falta palabras para explicarlo. Algo similar nos sucede a los profesores de física, cuando nuestros alumnos nos hacen tan "inocente" pregunta. Y es que, como tenemos una sensación psicológica del tiempo, las definiciones de éste basadas en la física llegan a parecernos áridas e inadecuadas. Podría decirse que, en la física el tiempo es simplemente lo que miden los relojes, para la matemática es un espacio unidimensional, que por lo general se supone continuo.

El hecho de que el tiempo pueda tratarse como una cuarta dimensión no significa que sea idéntico a las tres dimensiones del

espacio. El espacio y el tiempo intervienen en la vida cotidiana y en la teoría física, de manera distinta. Tan es así que, el cálculo de las distancias espaciotemporales no es el mismo cálculo que el de las distancias espaciales. La distinción entre espacio y tiempo subyace bajo la importante noción de causalidad y esto impide que causa y efecto se entremezclen.

A. Rosenblueth describe con acierto, en su libro Mente y cerebro, uno de los postulados científicos que se han adoptado en la ciencia. Según éste, existen regularidades en la sucesión temporal de los fenómenos que ocurren en el universo material y hay características que son mensurables en los sistemas materiales relativamente aislados cuando están en equilibrio. Éste es el postulado del determinismo o de la causalidad, y según él, es posible predecir los estados futuros de un sistema si se conocen en un momento dado las condiciones de los elementos que lo constituyen.

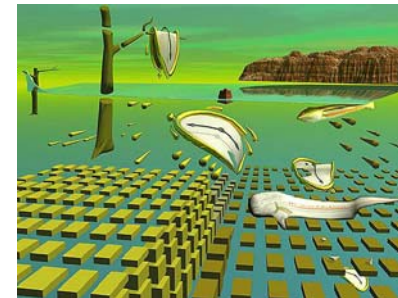
La flecha del tiempo.

Cuando decimos que el tiempo pasa nos referimos a toda una experiencia: el pasado es distinto del futuro. La dimensión única que tiene el tiempo, a diferencia de las tres del espacio, manifiesta una esencia distinta según el sentido en que se le mire. El sentido o posición que le asignemos a las

dimensiones del espacio es totalmente relativo: distinguir entre adelante y atrás, arriba y abajo, o izquierda y derecha, es útil y necesaria; sin embargo no deja de ser una convención. La diferencia fundamental entre pasado y futuro le impone al tiempo una dirección, así como la punta se la da a una flecha.

El conocimiento científico confirma la direccionalidad del tiempo en una amplísima variedad de fenómenos; en todo lo que tiene historia o muestra evolución, la flecha del tiempo existe. Para resumir este hecho, la ciencia hace distinción entre dos tipos de fenómenos naturales: los reversibles y los irreversibles. En los irreversibles la manifestación de la flecha del tiempo nos indica que, cuando ellos ocurren, siempre habrá algo en la situación final que permitirá distinguirla de la situación inicial. Podremos ver que un huevo que caiga al suelo se rompa, pero no veremos nunca el proceso inverso; es decir, que el huevo roto se recomponga espontáneamente en un huevo entero. En la naturaleza abundan los procesos físicos irreversibles, por lo que la segunda ley de la termodinámica cumple una función principal en el ámbito de los seres humanos: impone una asimetría tajante entre las direcciones del eje del tiempo hacia el pasado y hacia el futuro; por convención la flecha del tiempo apunta hacia el futuro. Esto último no implica que la flecha se mueva hacia el futuro, de la misma manera que una brújula que apunte hacia el norte no implica que ésta se mueva hacia allá.

La flecha del tiempo denota una asimetría del mundo en el tiempo, no una asimetría o flujo del tiempo. Los epítetos "pasado" y "futuro" pueden aplicarse a las direcciones temporales, de igual manera que "arriba" y "abajo" pueden aplicarse a las posiciones espaciales. La distinción de estar en "pasado" o



estar en "futuro" queda ilustrado si imaginamos una película, en la cual registramos el huevo que cae y se rompe en el suelo. Si la película se proyectara hacia atrás, todos juzgarían que la secuencia es irreal; aún más, si cortáramos la película en fotogramas, luego de barajarlos casi cualquier persona podría volverlas a colocar en orden hacia "adelante" o hacia "atrás". Este ordenamiento retiene la asimetría implícita de la flecha del tiempo porque forma una secuencia ordenada, lo que prueba que la asimetría del tiempo es en realidad una propiedad de los estados del mundo y no una propiedad de del tiempo en sí. No es necesario pasar la película para discernir la flecha del tiempo.



Los procesos reversibles.

Una de las primeras sacudidas a la sólida estructura del determinismo (causalidad) la proporcionó la conocida teoría cinética de los gases, desarrollada por J. C. Maxwell y luego perfeccionada por L. Boltzman y termina de colapsarse con la aparición de la teoría de la mecánica cuántica, en particular con el principio de incertidumbre de Heisenberg, el cual postula que no se puede medir al mismo tiempo la posición y la velocidad de una partícula. De acuerdo con Hiesenberg, el macroorden de la naturaleza dependería del microcaos de los procesos que ocurren en las partículas elementales de la materia. Así, a pesar de la irremediable presencia de la flecha del tiempo, los científicos han descubierto un nivel de acontecimientos donde el tiempo parece "fluir" de igual modo en un sentido que en su opuesto: el de los fenómenos microscópicos. En el mundo de los átomos y las moléculas no hay procesos irreversibles: ahí son posibles todas las historias, sin importar su sentido. A ese nivel no hay historia ni evolución: por cada fenómeno con un pasado y un futuro, hay otro que los tiene invertidos y que es igualmente posible. Ya en los inicios de la mecánica cuántica se apreció que el tiempo entra en la teoría de una manera específica, bastante diferente de lo que ocurre con el espacio. El principio de indeterminación (incertidumbre) de Heisenberg, según el cual la naturaleza es inherentemente indeterminada, implica un futuro y un pasado abiertos. Este indeterminismo se manifiesta a una escala de tamaños atómica y dicta que las propiedades observables, que caracterizan un sistema físico, en general no están determinadas en el paso de un momento a otro.

Por ejemplo, un electrón que incida sobre un átomo puede rebotar en una dirección de entre muchas posibles, pero normalmente es imposible predecir con antelación cuál será el resultado en cualquier caso específico. El indeterminismo cuántico implica que, para un estado cuántico particular, existen muchos futuros alternativos o realidades posibles, pero no indica cuál de ellos se hará real. Ahora bien, cuando un observador humano realiza una medición del fenómeno, obtendrá un resultado y sólo uno; el acto de medición

proyecta, de entre un vasto conjunto de posibilidades, una realidad específica y particular. En la mente del observador, lo posible realiza una transición a lo real, el futuro abierto al pasado fijo, que es precisamente lo que queremos expresar con el paso del tiempo.

Esta reversibilidad de los procesos microscópicos plantea una cuestión esencial de la ciencia contemporánea: ¿ cómo pueden coexistir ambos niveles ?, ¿ por qué el tiempo no tiene punta de flecha en el reino microscópico y sí la tiene en el mundo macroscópico ? ¿ cómo es posible que el todo de un cuerpo tenga una propiedad no sólo distinta, sino contraria a la de sus partes ?

La clave del enigma parece centrarse en lo innumerable de las partes que componen un cuerpo microscópico. Hace muchos años, Henry Poincaré creó el equivalente científico del mito del eterno retorno: cualquier sistema que siga las leyes de la mecánica newtoniana siempre regresará a su situación original. Este teorema de Poincaré al parecer relega la flecha del tiempo a una mera ilusión. Aquí hay que aclarar que el tiempo que se tarda un sistema en regresar a su estado original aumenta enormemente al tomar sistemas cada vez más grandes. Por ejemplo, un sistema o un cuerpo de la escala humana tardaría más tiempo en retornar a su estado original, que todo el tiempo que ha transcurrido desde el "Big Bang" que dio origen a nuestro universo; según estas ideas, la irreversibilidad ocurre de manera transitoria, sólo que su duración es larguísima.

Pero, ¿ qué es el tiempo ?

Dado que la mayoría de los análisis físicos y filosóficos del tiempo no son capaces de poner de manifiesto signo alguno de flujo temporal, nos quedamos envueltos en un halo de misterio. ¿ A qué deberíamos atribuir la profunda y universal impresión de que el mundo se encuentra en un continuo estado de flujo ? Algunos investigadores, de entre los que destaca Ilya Prigogine, ganador del premio Nobel de química en 1977, han sugerido que la sutil física de los procesos irreversibles convierte el flujo del tiempo en un aspecto objetivo del mundo, pero Paul Davies y otros piensan que se trata de algún



tipo de ilusión. Esta ilusión demanda una explicación, que tal vez deberá

buscarse en la psicología, la neurofisiología y quizás en la lingüística o la cultura. La ciencia apenas si ha comenzado a considerar la cuestión de nuestra percepción del paso del tiempo; sólo podemos especular cuál es la respuesta.

Después de todo, no observamos realmente el transcurso del tiempo. Lo que observamos es que, los estados más recientes del mundo difieren de los estados previos que todavía recordamos. El hecho de que recordemos el pasado y no el futuro, es una observación no del transcurso del tiempo sino de la asimetría temporal. Sólo el observador consciente registra el paso del tiempo. Un reloj mide duraciones entre sucesos, en tanto que una cinta métrica mide distancias entre lugares; ninguno mide la "velocidad" con la que a un momento le sucede otro. Resulta, pues, manifiesto que el flujo del tiempo es subjetivo, no objetivo.

No obstante lo que hasta aquí he mencionado, que me ha permitido realizar a "vuelo de pajar" un recorrido por la física clásica que se estudia en nuestra Facultad y por temas de la física moderna, que deberíamos incluir en algún o en algunos cursos, no me ha sido posible contestar en forma concisa a la pregunta aquí formulada; si alguien considera tener una respuesta adecuada a la misma, le ruego sea tan amable de hacerla del conocimiento de la comunidad.

REFERENCIAS

"La flecha del tiempo", Paul Davies, Investigación y Ciencia, edición española de Scientific American, Noviembre de 2002, pp. 8-13.

"Cosas de la Ciencia", Del Río F. y Máximo L., Colección La ciencia para todos, FCE, SEP y CONACYT, 3ª ed., México 2003.

"La Ciencia del Caos", Schifer Isaac., Colección La ciencia para todos, FCE, SEP y CONACYT, 2ª ed., México 2000.

"El fin de las certidumbres", Ilya Prigogine, Ed. Andrés Bello, Argentina 1999.

Las ilustraciones son pinturas de Eugenio Salvador Dalí