

TEMAS 51

INVESTIGACION
Y CIENCIA

Edición española de SCIENTIFIC AMERICAN

www.investigacionyciencia.es

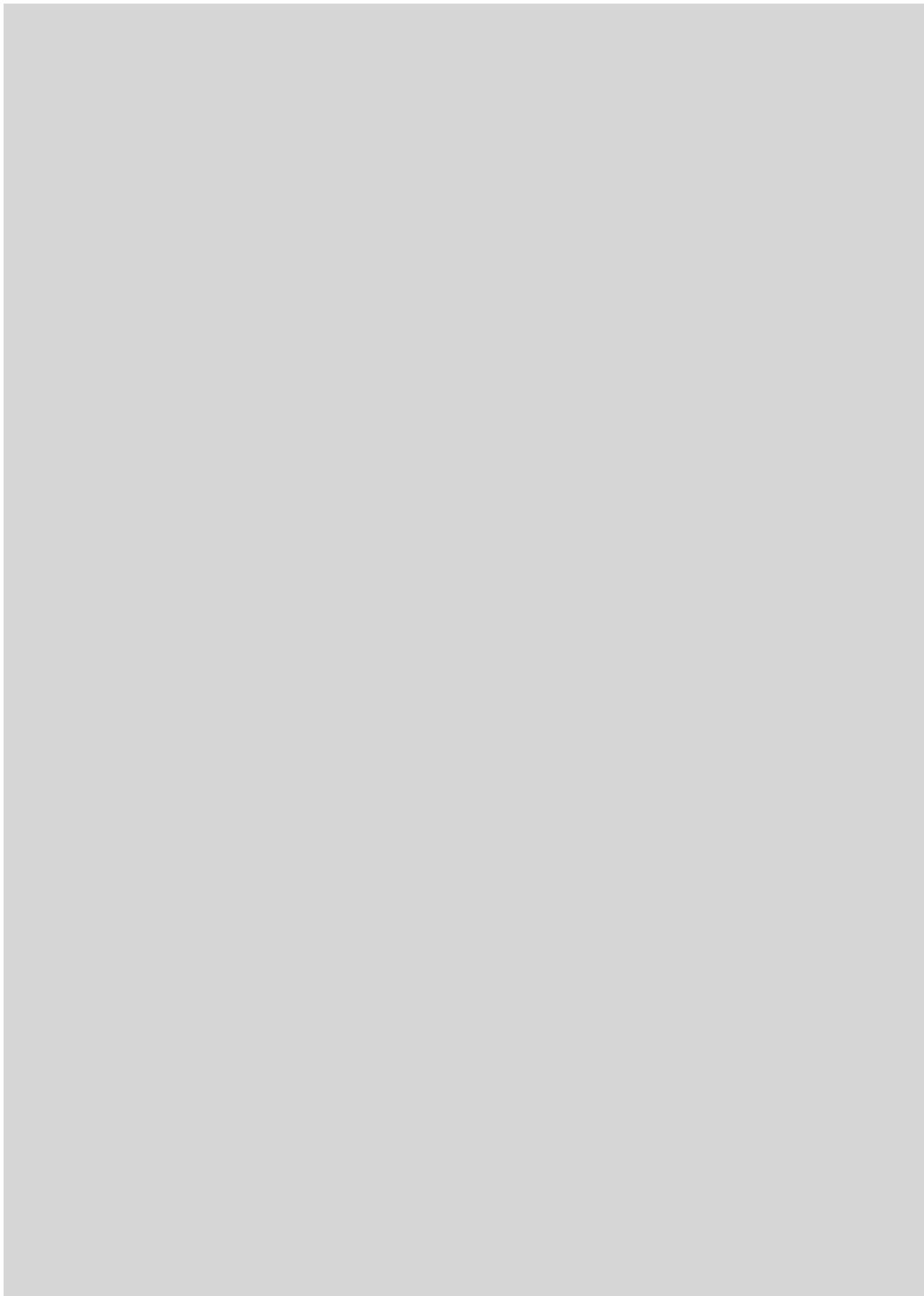
6,50 EUROS

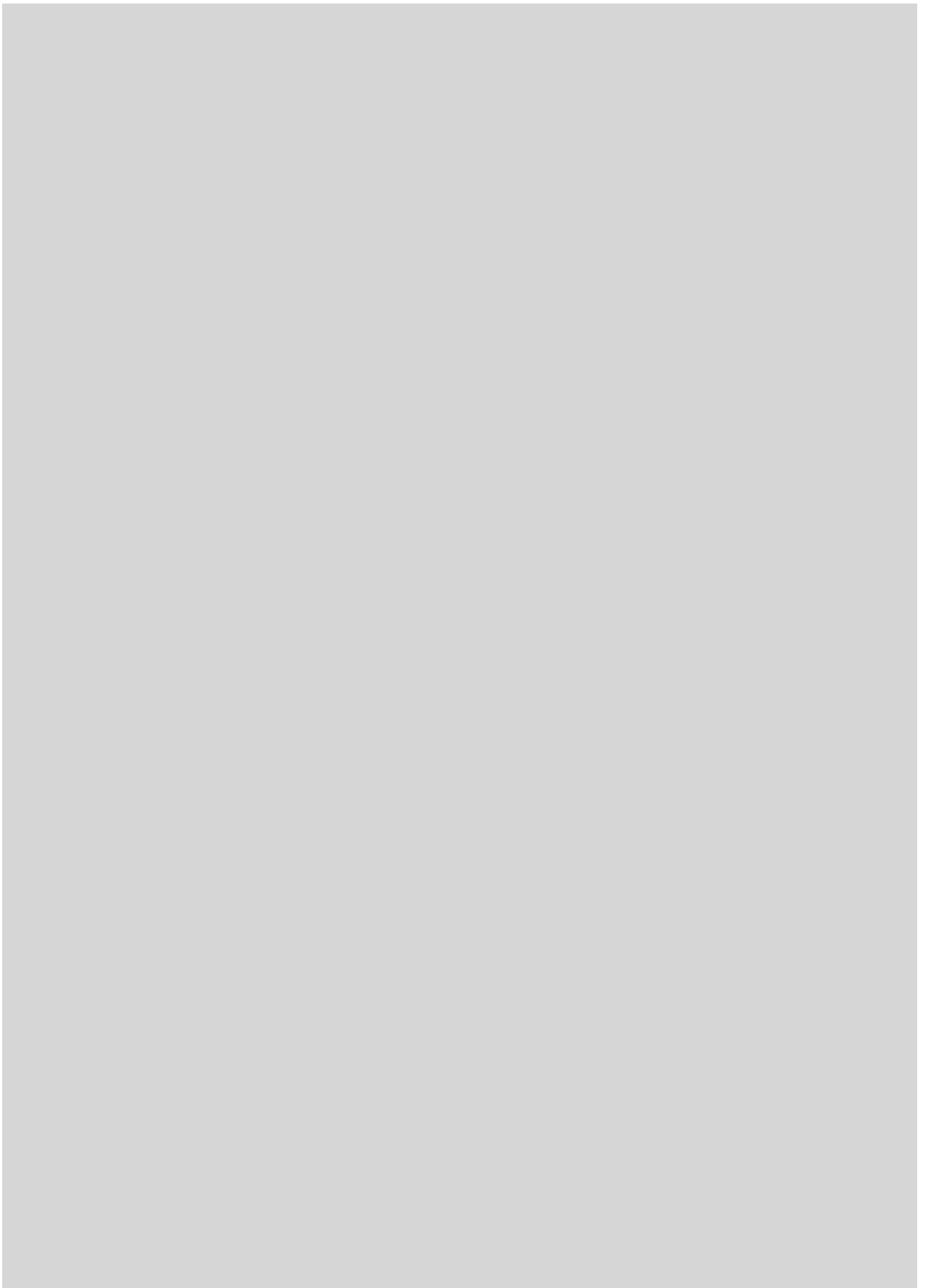


EL TIEMPO

1er TRIMESTRE 2008









CONCEPTOS FUNDAMENTALES

4 La flecha del tiempo

Paul Davies

10 Filosofía del tiempo

George Musser

12 La máquina del tiempo

Paul Davies

18 Física cuántica de los viajes a través del tiempo

David Deutsch y Michael Lockwood



MEDICION DEL TIEMPO

26 De lo instantáneo a lo eterno

David Labrador

28 Crónica de la medición del tiempo

William J. H. Andrewes

38 Medición actual del tiempo

W. Wayt Gibbs

46 Variación de las constantes

John D. Barrow y John K. Webb



MATERIA Y TIEMPO

56 El universo antes de la gran explosión

Gabriele Veneziano

66 La gran montaña rusa del cosmos

Cliff Burgess y Fernando Quevedo

74 Tiempo y envejecimiento de los materiales

Manuel Elices Calafat

86 La energía fantasma y el futuro del universo

Pedro F. González Díaz

CONCEPTOS FUNDAMENTALES



La flecha del tiempo

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

CONCEPTOS BASICOS

- Nuestros sentidos nos indican que el tiempo discurre: que el pasado es inmutable, el futuro es indeterminado y la realidad existe en el tiempo presente. Pero varios argumentos físicos y filosóficos proponen un planteamiento muy distinto.
- El paso del tiempo es probablemente una ilusión. En la conciencia podrían intervenir procesos termodinámicos o cuánticos que ofrecieran la impresión de vivir momento a momento.

"Recoge tus rosas mientras puedas, / pasa el tiempo y nada queda", escribía Robert Herrick, poeta inglés del siglo XVII, plasmando ese sentimiento general de que el tiempo vuela. ¿Y quién dudaría de ello? El paso del tiempo expresa, probablemente, la sensación más honda de la percepción humana, pues vivimos su transcurso fugaz con una intensidad mayor que la que experimentamos con las percepciones del espacio o masa. Se ha comparado el discurrir del tiempo al vuelo de una flecha y al flujo sin retorno de un río, que nos lleva inexorablemente del pasado al futuro. Shakespeare hablaba del "molinillo del tiempo"; su paisano Andrew Marvell, del "alado carruaje del tiempo que se mueve con presteza".

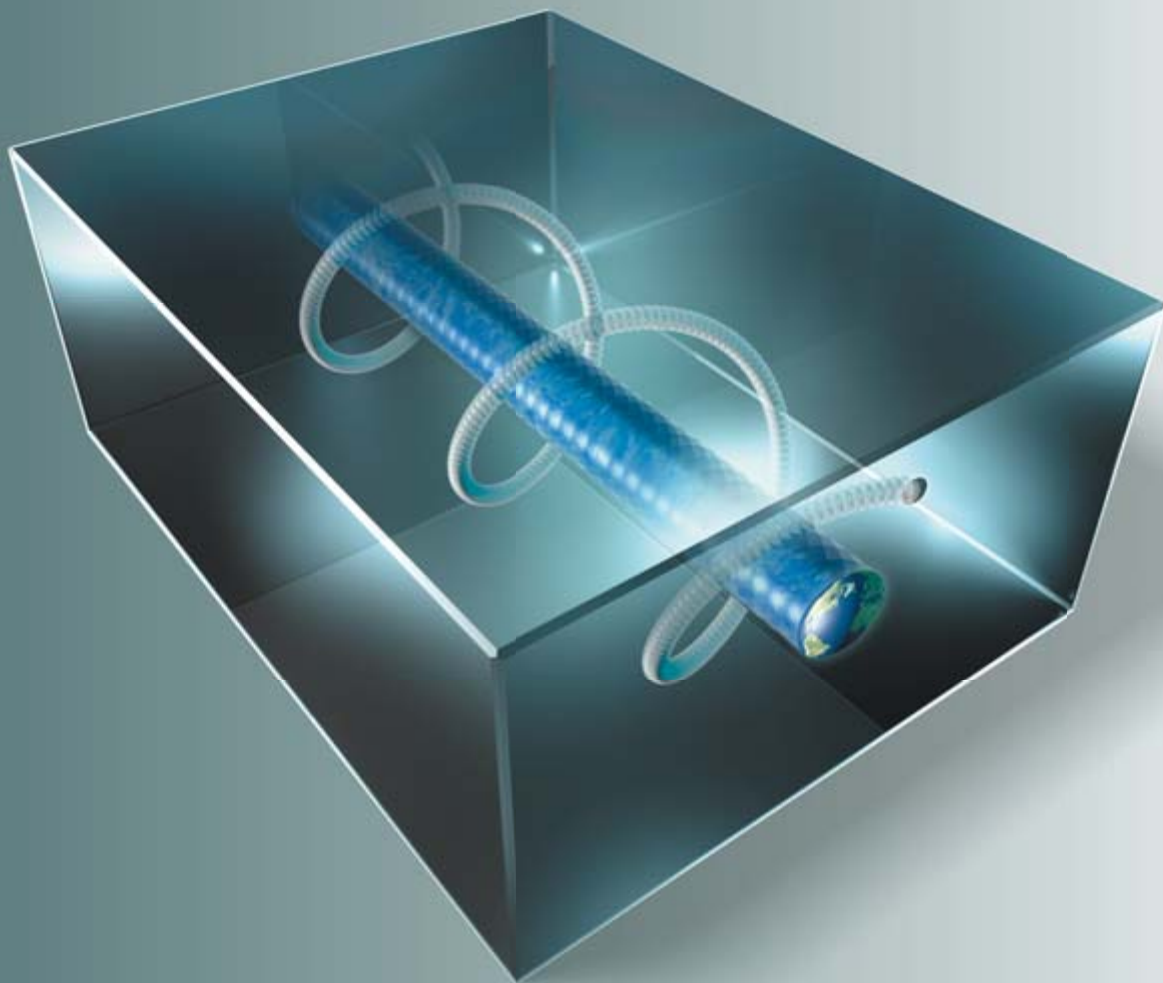
Por evocativas que resulten esas imágenes, celan una demoledora y profunda paradoja. Nada hay en la física conocida que corresponda al paso del tiempo; en su marco conceptual, el tiempo no transcurre, sino que simplemente es. Algunos filósofos sostienen que la misma noción del paso del tiempo carece de sentido y

que la metáfora del río o del flujo del tiempo deriva de una idea errónea. Pero, ¿cómo puede ocurrir que algo tan enraizado en nuestra experiencia del mundo resulte ser falso? ¿Esconde acaso el tiempo una cualidad fundamental que se le ha escapado a la ciencia?

Tiempo tripartito

En nuestro desenvolvimiento diario dividimos el tiempo en tres partes: pasado, presente y futuro. Esta distinción básica constituye el quicio de la estructura gramatical del lenguaje. Asociamos la realidad con el momento presente. Pensamos que lo pasado abandonó el mundo de lo existente, mientras que el futuro se adivina en sombra. En este cuadro tan simple, el "ahora" de nuestra cognición consciente se desliza sin cesar hacia delante, transformando los sucesos de un futuro informe en la realidad, tangible aunque efímera, del presente, y de aquí los relega al pasado inmutable.

Por evidente que parezca esa exposición de sentido común, se opone, de plano, a los



pronunciamientos de la física. Lo expresaba en un famoso aforismo Albert Einstein: “Pasado, presente y futuro son sólo ilusiones, aunque sean ilusiones pertinaces”. La sorprendente conclusión que comunicaba así a un amigo se colegía directamente de su teoría especial de la relatividad, que despoja al momento presente de cualquier significado absoluto o universal. En el marco de esa teoría, la simultaneidad es relativa. Dos sucesos que tengan lugar en el mismo momento si se observan desde un sistema de referencia, pueden ocurrir en momentos distintos si se contemplan desde otro.

Una cuestión banal, como “¿qué está ocurriendo ahora en Marte?”, carece de respuesta concluyente. En la nuez de esa pregunta se halla la separación de la Tierra y Marte, que distan unos 20 minutos luz. Puesto que la información no puede viajar más rápido que la luz, un observador instalado en nuestro planeta es incapaz de conocer la situación ese mismo instante en Marte. Debe inferir la respuesta tras el suceso, una vez que la luz haya podido viajar de uno a otro planeta. La

inferencia sobre dicho evento dependerá de la velocidad del observador.

Así, en una posible expedición tripulada a Marte, los controladores en la Tierra podrían preguntarse: “A saber qué estará haciendo ahora el comandante Jones en la Base Alfa”. Tras consultar el reloj y ver que son las 12 del mediodía en Marte, podrían concluir: “Estará comiendo”. Pero un astronauta que viajara cerca de la Tierra a una velocidad cercana a la de la luz en el mismo instante podría afirmar —mirando su reloj— que la hora en Marte pasaba de las 12 o aún no llegaba, dependiendo del sentido de su movimiento. La respuesta de ese astronauta a la cuestión de lo que estaba haciendo Jones sería “preparando la comida” o “lavando los platos”. Tales discrepancias ponen en ridículo cualquier intento de conferir una preeminencia especial al momento presente, pues ¿a qué “ahora” se refiere ese momento? Si usted y yo nos encontráramos en movimiento relativo, un suceso que yo dictaminara que pertenece al todavía incierto futuro podría existir ya para usted en el pasado inmutable.

PARA SER SINCEROS, ni los científicos ni los filósofos saben lo que es realmente el tiempo ni por qué existe. Lo más que pueden decir es que el tiempo constituye una dimensión aparte, parecida (aunque no idéntica) al espacio. Por ejemplo, la órbita bidimensional de la Luna a través del espacio puede representarse como un sacacorchos tridimensional a través del espacio-tiempo.

NADIE SABE REALMENTE...

¿QUE VIENE A SER EL TIEMPO?

San Agustín de Hipona, teólogo famoso del siglo V, señalaba que sabía qué era el tiempo, hasta que alguien se lo preguntaba. Entonces le faltaban palabras para explicarlo. Como tenemos una sensación del tiempo psicológica, las definiciones del tiempo basadas en la física nos parecen áridas e inadecuadas. Para los físicos, el tiempo es simplemente lo que —con exactitud— miden los relojes. Para los matemáticos, un espacio unidimensional, por lo general supuesto continuo, aunque podría estar cuantizado en “cronones” discretos, al modo de los fotogramas de una película.

El hecho de que el tiempo pueda tratarse como una cuarta dimensión no significa que sea idéntico a las tres dimensiones del espacio. El tiempo y el espacio entran en nuestra experiencia cotidiana y en la teoría física de distinta manera. Así, la fórmula para calcular las distancias espaciotemporales no es la misma que la empleada para calcular distancias espaciales. La distinción entre espacio y tiempo subyace bajo la noción capital de causalidad, impidiendo que causa y efecto se entremezclen sin remedio. Por otra parte, muchos físicos creen que, en la escala más ínfima de tamaño y duración, podrían el espacio y el tiempo perder sus identidades diferenciadas.

La conclusión más llana es que tanto pasado como futuro están fijados. Por esta razón, los físicos prefieren asumir que el tiempo está desplegado ya en su completitud —una suerte de paisaje temporal, análogo al espacial— con los sucesos del pasado y del futuro colocados allí todos juntos. Concepto que se suele denominar entramado del tiempo. Esta descripción carece por completo de un momento especial privilegiado, tal que el presente, o de cualquier proceso que convierta sistemáticamente los sucesos futuros en presentes y luego en pasados. En suma, el tiempo de los físicos ni transcurre ni fluye.

Irrealidad del flujo, realidad del tiempo

A lo largo de los años, ciertos filósofos han llegado a la misma conclusión considerando lo que habitualmente queremos decir con la expresión transcurso del tiempo. Afirman que la noción carece de coherencia interna. El concepto de flujo, después de todo, se refiere al movimiento. Tiene sentido hablar del movimiento de un objeto físico, como el de una flecha por el aire, midiendo su cambio de posición con el tiempo. Pero, ¿qué significado puede conferirse al movimiento mismo del tiempo? ¿Respecto a qué se mueve? Mientras que otros tipos de movimiento relacionan un proceso físico con otro, el supuesto flujo del tiempo relaciona el tiempo consigo mismo. Plantearse la simple cuestión de cuán rápido pasa el tiempo pone al descubierto el absurdo de la idea en sí. La respuesta trivial de “un segundo por segundo” no nos dice absolutamente nada.

Aunque nos resulta conveniente referirnos al transcurso del tiempo en los asuntos cotidianos, la noción no aporta ninguna información que no pudiera ser expresada sin ella. Considérese la siguiente situación: *Alicia ansiaba unas navidades blancas, pero cuando llegó el día quedó desilusionada porque sólo llovía; sin embargo, se alegró de que nevara al día siguiente.* Pese a que esta descripción aparece repleta de tiempos verbales y de referencias al transcurrir del tiempo, la misma información se expresa simplemente correlacionando los estados mentales de Alicia con fechas, omitiendo toda referencia al paso del tiempo o a los cambios del mundo. Así, el siguiente catálogo de los hechos, aunque rudo y seco, basta:

24 de diciembre:
Alicia ansía unas navidades blancas.
25 de diciembre:
Llueve. Alicia está desilusionada.
26 de diciembre:
Nieva. Alicia está contenta.

En esta descripción nada cambia, nada transcurre. Simplemente se dan estados del mundo en diferentes fechas y, asociados, estados mentales de Alicia.

Datan de los filósofos griegos Parménides y Zenón argumentos similares. Hace un siglo, John McTaggart intentó trazar una clara distinción entre la descripción del mundo en términos de sucesos que ocurren, a lo que el filósofo británico denominó serie A, y la descripción en términos de fechas correlacionadas con estados del mundo, la serie B. Cada una de ellas da la impresión de describir correctamente la realidad; sin embargo, ambos relatos parecen contradictorios. Por ejemplo, el suceso “Alicia está desilusionada” formó parte del futuro, luego del presente y, por último, del pasado. Pero pasado, presente y futuro son categorías exclusivas, así que ¿cómo podría un suceso singular tener la característica de pertenecer a las tres? McTaggart aprovechó la disparidad entre las series A y B para rebatir la misma realidad del tiempo, una conclusión quizá demasiado radical. La mayoría de los físicos lo plantearía de manera menos drástica: el flujo del tiempo es irreal, pero el tiempo mismo es tan real como el espacio.

Flecha del tiempo

Una fuente de confusión al estudiar el paso del tiempo proviene de su conexión con la llamada flecha del tiempo. Negar el flujo del tiempo no es lo mismo que afirmar que las designaciones “pasado” y “futuro” carezcan de fundamento físico. Los sucesos del mundo forman innegablemente una secuencia unidireccional. Un huevo que caiga al suelo se romperá en pedazos, pero no veremos nunca el proceso inverso: que el huevo roto se recomponga espontáneamente en un huevo entero. Este es un ejemplo de la segunda ley de la termodinámica, según la cual la entropía de un sistema cerrado —lo que define aproximadamente su grado de desorden— tiende a aumentar con el tiempo. El huevo intacto tiene menos entropía que el cascado o roto.

En la naturaleza abundan los procesos físicos irreversibles. Por eso, la segunda ley de la termodinámica cumple una función principal: impone al mundo 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. Eso no implica, sin embargo, que la flecha se mueva hacia el futuro, de la misma manera que la aguja de la brújula señalando el norte no indica tampoco que la brújula se mueva hacia el norte. Ambas flechas simbolizan una