
PENROSE, ROGER

Cycles of Time. An Extraordinary New View of the Universe, The Bodley Head, London, 2010, 288 pp.

Asistimos en la actualidad a un auge de teorías cosmológicas que pretenden explicar el origen del universo. Su interés para la filosofía es indudable, tanto por la singularidad del objeto de estudio como por las interpretaciones que muchos cosmólogos dan de sus propuestas. Pero no siempre dichas teorías mantienen el nivel epistemológico que se les supone. Curiosamente, casi ninguno de los modelos cosmológicos “pre-Big-Bang” (aquellos que postulan un universo anterior a la gran explosión que dio lugar al actual) suele abordar uno de los mayores enigmas de la física contemporánea: la existencia de la Segunda Ley de la Termodinámica. El autor de *Cycles of Time* sí lo hace, ofreciendo una teoría del cosmos acorde con ella.

La evolución del universo que conocemos conlleva un aumento de la entropía —el número de microestados compatible con el macroestado de un sistema— que no puede ser explicada a partir de argumentos meramente estadísticos. La Segunda Ley manifiesta un sentido privilegiado en el discurrir temporal, una irreversibilidad de la flecha del tiempo que no se deduce de las leyes fundamentales de la física.

Penrose es un maestro a la hora de enfrentarse con esta paradoja y conducirnos hasta sus raíces más profundas. La existencia de la Segunda Ley tiene que ver con la cosmología y, concretamente, con el *carácter especial del Big-Bang*. Contrariamente a lo que ciertas visiones superficiales pueden sugerir, los estados iniciales del universo se caracterizaron por una gran uniformidad en la distribución de materia, lo que supuso una entropía excepcionalmente baja en comparación con la actual.

El científico oxoniense explora entonces la física anterior al Big-Bang desde una perspectiva esencialmente matemática, aprovechando las características de aquellos espacios cuya topología viene determinada únicamente por los conos de luz. En concreto, sugiere “que el universo en su conjunto debe ser visto como una variedad conforme extendida, que consiste en una sucesión (eventualmente infinita) de eones, cada uno de los cuales da lugar a una historia com-

pleta de universo en expansión” (p. 147). Es lo que denomina “cosmología cíclica conforme” (CCC).

La estrecha relación entre Segunda Ley, grados de libertad gravitatorios y Big-Bang prohíbe una continuación hacia atrás del último semejante a un rebote espacio-temporal, ya sea clásico o cuántico. La CCC, sin embargo, postula una transición geométrica suave entre eones mediante un cambio de escala que deja invariante la topología del espacio-tiempo. Ahora bien, ¿cómo consigue la CCC ser compatible con una Segunda Ley que implica un aumento continuo de entropía de un eón a otro? La solución de tal problema es la cuestión central del libro (cf. p. 174).

La clave reside en los agujeros negros —aquellos cuerpos del universo que contienen una mayor entropía— y su eventual evaporación por la radiación de Hawking. Lo que Penrose propone es que dichos objetos sean grandes *sumideros de entropía*. Durante el proceso de evaporación de cada agujero negro tendría lugar una pérdida de grados de libertad físicos, que daría lugar a un espacio de las fases mucho más pequeño de lo que era al principio (cf. p. 186). La entropía, según la fórmula de Boltzmann, resultaría redefinida sin que tenga lugar una violación de la Segunda Ley (cf. pp. 188-189). El aumento de la entropía no se haría “cancerígeno” en el universo porque los agujeros negros —mediante esta limpieza de información— impiden que cada eón sea el último de su especie.

La propuesta de Penrose plantea una serie de interrogantes de difícil respuesta. Hay que decir en primer lugar que no hay consenso entre los científicos acerca de la destrucción de grados de libertad en el interior de los agujeros negros. Para estas singularidades del espacio-tiempo es necesaria una teoría cuántica de la gravedad que, hoy por hoy, resulta desconocida. Por otro lado, la viabilidad de la CCC requiere que ninguna partícula con masa en reposo distinta de cero dure eternamente (cf. p. 180). Para ello, habría de darse un proceso de decaimiento de dichas partículas muy dudoso a partir de los datos experimentales de que disponemos (cf. p. 212).

Hay finalmente una serie de preguntas que no obtienen respuesta dentro del libro: ya que la reducción de entropía se da en cada agujero negro, dentro de un eón y no en la transición a otro, ¿es posible comparar entropías entre dos eones? Si es así, ¿sigue creciendo

la entropía? No hay que olvidar que, en la CCC, el volumen del espacio de las fases resulta invariante (p. 148). Penrose consigue presentar un escenario de sucesión de eones que podría ser compatible con la Segunda Ley; pero, aunque estuviésemos dando un paso adelante en su comprensión, no se ha resuelto el problema de su origen.

Estas objeciones no quitan brillantez a una propuesta que, además, apunta a una posible contrastación experimental. Los impactos entre agujeros negros en el eón previo provocarían las irregularidades en la distribución de energía que se observa en el universo actual (cf. pp. 212ss). Un análisis estadístico apropiado de las fluctuaciones en la radiación de fondo de microondas (CMB) debería discernir si dichas fluctuaciones se deben a este tipo de choques. No obstante, los análisis ofrecen resultados aún muy preliminares.

Cycles of Time es una obra valiente que, desde un punto de vista científico, busca ir más allá de la teoría del Big-Bang. Ciertamente, la propuesta es muy especulativa. Penrose es un matemático que apuesta por una interpretación geométrica de la realidad física, por lo que su teoría puede sorprender a los que aún mantienen una visión *naïve* de la metodología que sigue la actual cosmología teórica. Sin embargo, la CCC mantiene un alto nivel de coherencia interno, respetando la mayoría de los requerimientos que deben satisfacer las presentes teorías cosmológicas.

Más allá de la especulación físico-matemática y de las preguntas que quedan sin responder, Penrose tiene el mérito de presentar al final del libro una predicción concreta en relación con el análisis estadístico de los datos de la CMB; una tarea prioritaria para la cosmología actual. Pero Penrose tiene también el mérito añadido de no realizar afirmaciones de carácter filosófico, que estarían fuera de lugar en su propuesta. Aunque esto le haga ser menos mediático que otros científicos, le hace aumentar su inmenso prestigio como investigador de las leyes que rigen el universo y la entropía.

Javier Sánchez Cañizares. Universidad de Navarra
js.canizares@unav.es