

El lenguaje de las estrellas

Roberto Aquilano

Edgar Allan Poe estableció, en su poema *Eureka*, una de las primeras hipótesis de por qué el cielo es oscuro por la noche. Con este precedente, aquí se presenta un recorrido por los descubrimientos científicos para responder esa pregunta.

El concepto de un universo infinito no explica el hecho, conocido por todos, de que por la noche el cielo es oscuro. Esto puede parecer una observación trivial, pero no lo es. Kepler, astrónomo del siglo XVII, fue uno de los primeros en reconocer que la oscuridad de la noche constituía un misterio. Si el número de estrellas es infinito y están distribuidas de manera uniforme, entonces cubrirían cada parte del cielo nocturno, sin ninguna grieta entre ellas. En tal caso, los cielos brillarían como una bola de fuego y cocerían la Tierra haciendo que la vida en ella resultase imposible. Por lo tanto, argumentó Kepler, el universo no es infinito sino finito.

La oscuridad nocturna también intrigó al físico y astrónomo alemán Heinrich W. M. Olbers en la década de 1820. De día ejercía la oftalmología y combatía las epidemias y por la noche observaba cometas y asteroides desde el piso más alto de su casa, en Bremen. A diferencia de Kepler, Olbers creía que el cosmos era infinito, y propuso un modo de reconciliar esta creencia con la oscuridad del cielo nocturno: el espacio, decía, está lleno de nubes de materia interestelar que intercepta bastante luz de las estrellas, oscureciéndola del modo que un paraguas oscurece el Sol. Tan interesante sugerencia fue hecha antes de que se estableciera firmemente la existencia de nubes interestelares. Sin embargo, su invocación de tales nubes para explicar la paradoja no es válida, pues en un cosmos infinito la luz estelar calentaría enormemente las nubes, haciendo que el cielo nocturno ardiese con tanto brillo como Kepler había conjeturado. Con todo, el enigma del cielo nocturno es conocido desde entonces (un poco injustamente para Kepler y otros predecesores) como “la paradoja de Olbers”.

La verdadera explicación fue descubierta hace más de un siglo, y no por un científico sino por un poeta: Edgar Allan Poe. Mucha gente conoce los relatos de Poe, sus bellos cuentos de terror gótico, y su desordenada vida personal. Pero pocos saben que estaba seriamente interesado por la ciencia, en particular por la astronomía, y que le fascinaba la hipótesis nebular del astrónomo francés Pierre Simon de Laplace, según la cual el sistema solar evolucionó a partir de una nube primordial de polvo y gas. La hipótesis “es demasiado bella para no ser esencialmente verdadera”, escribió Poe. Esta teoría inspiró al poeta un ensayo cosmológico, *Eureka: un poema en prosa*.

Según Poe, la paradoja de Olbers se resuelve porque “la distancia del fondo invisible es tan inmensa que ningún rayo salido de ella ha podido todavía llegar hasta nosotros”. Poe tropezó con el hecho de que el universo no es infinitamente viejo, sino que tuvo un comienzo en el tiempo (lo que hoy consideramos como el Big Bang). De hecho, el universo es tan joven que la luz de las estrellas más distantes está acercándose a nosotros a gran velocidad, pero todavía no nos ha alcanzado. Cuando contemplamos el oscuro cielo nocturno, miramos hacia atrás, en dirección a una época primitiva, antes de que las primeras estrellas se formasen.

Eureka tuvo críticas dispares. “Tonterías sin sentido”, se mofó un periódico. Sin embargo, Poe siguió convencido de la importancia de sus ideas y mostró el manuscrito de *Eureka* al editor George Putnam en la ciudad de Nueva York.

El descubrimiento de la gravedad hecho por Newton era un mero incidente comparado con los hallazgos revelados en ese libro. Despertaría de inmediato una atención tan intensa y universal que el editor podría haber abandonado toda otra empresa y hacer de esa obra el negocio de toda su vida, pero solo imprimió 500 ejemplares. Seis meses más tarde, Poe murió.

La historiadora Barbara Tuchman ha escrito que la Primera Guerra Mundial (1914-1918) fue un abismo que separó para siempre el Viejo Mundo del Nuevo. Muchos aspectos de la civilización se transformaron durante ese conflicto. Lo mismo ocurrió con gran parte del mundo intelectual, artístico, literario y científico. La cosmología no fue una excepción.

Hasta finales de 1910, los seres humanos eran tan ignorantes en lo referente a los orígenes cósmicos como lo habían sido siempre. Aquellos que no se tomaban el Génesis al pie de la letra no tenían ninguna razón para creer que había existido un comienzo. El origen del sistema solar era un tema discutible, pero el origen del cosmos era un asunto muy diferente: raramente se discutía acerca de él en círculos científicos, si es que alguna vez era tema de discusión. En las publicaciones de astronomía de la época se escribían muchas polémicas sobre la naturaleza de las nebulosas: el retorno en 1910 del cometa Halley, la evolución de las estrellas, los canales marcianos, la serie de Balmer en espectros estelares, la búsqueda de un noveno planeta, pero raramente se dedicaba alguna palabra a los orígenes del cosmos.

Tal como ocurría en otros ámbitos de la civilización, había indicios de que se acercaba una gran revolución. La mayoría no advirtió estos indicios, de modo que cuando las nuevas ideas explotaron, sobrevino una conmoción.

En 1905 y mediados de la década siguiente, Albert Einstein presentó sus teorías “especial” y “general” de la relatividad. La relatividad especial demostró que el espacio y el tiempo, la masa y la energía eran, respectivamente, lados opuestos de las mismas monedas. La relatividad general revisó la gravitación newtoniana demostrando que existe una conexión entre lo que Einstein llamaba “masa-energía” y el “espacio-tiempo”.

Mientras Newton concebía la gravedad como una fuerza que actúa entre objetos diferentes, Einstein veía esto como el efecto de la masa en la geometría del espacio.

La física dio otro gran paso hacia adelante cuando Einstein combinó las leyes newtonianas de la inercia y la gravedad con su concepto del “espacio-tiempo curvo”. Este logro abrió el camino hacia nuestro moderno concepto de universo no estático.

Solo unos pocos años después de que Einstein publicara su teoría, la naturaleza le ofreció una oportunidad para someter a prueba sus ideas. Einstein señaló que la luz que viaja hasta nosotros desde las estrellas debe curvarse cuando pasa cerca de un cuerpo masivo, como el Sol. La luz es desviada por la curvatura del espacio-tiempo por la presencia de un cuerpo masivo. “Obsérvese un campo de estrellas en ausencia del Sol y luego compárese el mismo el mismo campo cuando el Sol tapa parte de él”, sugirió Einstein. Si la teoría es correcta, la posición de las estrellas cercanas al borde del Sol parecerá desplazarse. Por supuesto, normalmente no es posible ver estrellas cerca del Sol, pues su luz nos ciega. Lo que se necesitaba, dijo Einstein, era un eclipse total que permitiera un breve momento de observación del campo estelar alrededor del Sol. El 29 de mayo de 1919, tal eclipse debía verse en el golfo de Guinea, en el hemisferio sur, y el astrónomo británico Arthur Eddington organizó una expedición para hacer las observaciones requeridas, y así pudo comprobar que Einstein tenía razón.

Las consecuencias de la teoría de la relatividad son varias y espectaculares, y no es la menor de ellas la existencia predicha de las lentes gravitacionales. Éstas son enormes objetos astronómicos, como las galaxias, tan masivos (contienen miles de millones de estrellas) que desvían la luz de estrellas y cuásares de una manera mucho más espectacular que el sutil efecto de un eclipse. Las lentes gravitacionales crean versiones celestes de fenómenos atmosféricos como los espejismos y las imágenes múltiples. A modo de ejemplo, una lente gravitacional ha hecho que la luz de un solo cuásar se dividiese en cinco imágenes separadas. A causa de su forma, esta visión sorprendente es llamada “Cruz de Einstein”.

Los agujeros negros son una consecuencia aún más célebre de la teoría. Estos objetos son estrellas colapsadas con una atracción gravitatoria tan enorme (deforman tanto el espacio-tiempo), que nada puede escapar de ellos, ni siquiera la luz, de allí el nombre de agujeros negros.

El advenimiento de la teoría del Big Bang no solo ofreció una perspectiva nueva y espectacular sobre el origen del universo, sino que proporcionó una posible solución a uno de los desafíos más persistentes de la cosmología: ¿de dónde provienen los elementos? ¿Cómo ha creado la naturaleza los más de 92 ocupantes naturales (hidrógeno, helio, carbono, oxígeno, hierro, etc.) de la tabla de los elementos de Mendeléiev? Gran parte del mundo que tan familiar nos resulta –las rocas, los animales y las plantas que nos rodean– está compuesto de elementos más pesados que el hidrógeno y el helio. Sin embargo, el universo como un todo está dominado por esos dos elementos: el helio representa casi el 25% de toda la materia, y el hidrógeno, cerca del 75%, y todos los demás elementos totalizan exactamente el 1%. ¿Cómo pudo ser posible esta distribución de elementos?

La noción de fusión como proceso cosmológico importante se fue fortaleciendo, y en 1925, la astrónoma Cecilia Payne-Gaposhkin demostró que el Sol está constituido casi enteramente de hidrógeno, el elemento más ligero. Los teóricos llegaron a la conclusión de que el Sol no engendró su

calor por fisión atómica, como se suponía hasta entonces, sino específicamente por fusión, es decir, por la combinación de dos núcleos de hidrógeno para obtener un núcleo de helio. De allí en más muchas cosas se explicaron, siendo George Gamow figura clave en marcar el papel de la cosmología en la elaboración de los elementos.

A fines de la década de 1940, Alpher, Bethe y Gamow (llamados alfa, beta y gama) publicaron sus ideas, y en un artículo posterior, continuidad del anterior, Alpher y Herman escribieron lo que fue una predicción sencilla pero profunda que constituye el fundamento de la cosmología moderna. Para que los protones se fusionaran con los núcleos debían tener energía suficiente para superar el rechazo eléctrico de los protones en los núcleos del objetivo. Esto requería que el universo primitivo estuviese caliente. Si lo estaba demasiado, los protones, los neutrones y los fotones energéticos volarían los núcleos tan rápidamente como se formaron. Así, unos pocos minutos después de la creación, la temperatura tenía que permanecer en una gama estrecha. Elaborando los detalles, observaron que el universo empezó como una intensa bola energética, y a medida que se expandía, la radiación persistiría pero se diluiría constantemente. Después de tener en su comienzo una temperatura de muchos miles de millones de grados, el universo se enfriaría gradualmente a medida que pasase el tiempo y el espacio se expandiría. Calcularon que el universo actual debía ser de unos 5 Kelvin (que es lo mismo que 5° Celsius por encima del cero absoluto, que está a 273° bajo cero). Si el Big Bang se había producido del modo en que lo predecían Gamow y sus colegas Alpher y Herman, el universo estaría impregnado de una tenue radiación de fondo, un eco de ese suceso primordial, que es la temperatura equivalente a 5 Kelvin. Por el contrario, si el Big Bang no había tenido lugar, semejante radiación no existiría.

Con los años, todo fue un aluvión de información, y sorpresa tras sorpresa todo se fue confirmando. En 1965, Wilson y Penzias midieron esta radiación, y la encontraron a 2,7 Kelvin, muy próximo a lo predicho, y 27 años después George Smoot (Premio Nobel de Física 2006) hacía público que los millones de datos obtenidos hasta entonces por el satélite COBE (Explorador del Fondo Cósmico) permitían concluir que existen anisotropías en la radiación de microondas, con lo cual se encontraba respuesta a otra de las preguntas claves, ¿cómo se formaron las galaxias?

En la evolución del universo hay un orden claro que va desde la simplicidad y la simetría, a una estructura y una complejidad mayores. A medida que el tiempo pasa, los componentes simples se unen a elementos básicos sofisticados que producen un entorno más rico y diverso. Los accidentes y el azar son, de hecho, esenciales en el desarrollo de la riqueza general del universo. En ese sentido (aunque no en el sentido de la física cuántica), Einstein estuvo en lo cierto cuando dijo: “Dios no juega a los dados con el universo”. Aunque los sucesos individuales parezcan azarosos, en el desarrollo de los sistemas complejos hay una causalidad general.

Los cosmólogos y los artistas tienen mucho en común: ambos buscan la belleza, unos en el cielo, otros en los lienzos o en la piedra.

El concepto religioso de la creación surge del asombro ante la existencia del universo y el lugar que ocupamos en él. El concepto científico trasluce un asombro similar: estamos impresionados por la simplicidad última y el poder creativo de la naturaleza física, y por su belleza en todas las escalas.

¿De dónde ha sacado todo este conocimiento el hombre? ¿Cuál fue el elemento que lo condujo? Podemos decir que la luz, y nada más que la luz, pues toda la información del cosmos la obtenemos de la luz, maravilla de la naturaleza que nos enseña paso a paso el lenguaje de las estrellas.

Bibliografía

Einstein, Albert e Infeld, Leopold, *La física, aventura del pensamiento*. Buenos Aires, Losada, 1991.

Hawking, Stephen, *Historia del tiempo. Del Big Bang a los agujeros negros*. Buenos Aires, Crítica, 1988.

Prigogine, Ilya, *¿Tan solo una ilusión?. Una exploración del caos al orden*. Barcelona, Tusquets Editores, 1982.

Raychaudhuri, A., Banerji, S. y Banerjee, A., *General relativity, astrophysics, and cosmology*. Nueva York, Springer Verlag, 1992.

Umérez, Norberto, *Big Bang. Origen y fronteras del universo*. Buenos Aires, Grupo Editorial Norma, 1993.

Weinberg, Steven, *Los tres primeros minutos del universo*. Madrid, Alianza Universidad, 1993.

Roberto Aquilano

Doctor en Astronomía, UNLP. Director del Observatorio Astronómico, Planetario y Museo Experimental de Ciencias de Rosario. Investigador del Conicet y del Instituto de Física Rosario (Conicet-UNR). Asesor de la Directora General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires.