

# Nuevas ventanas al cosmos

**CARLOS CHIMAL**

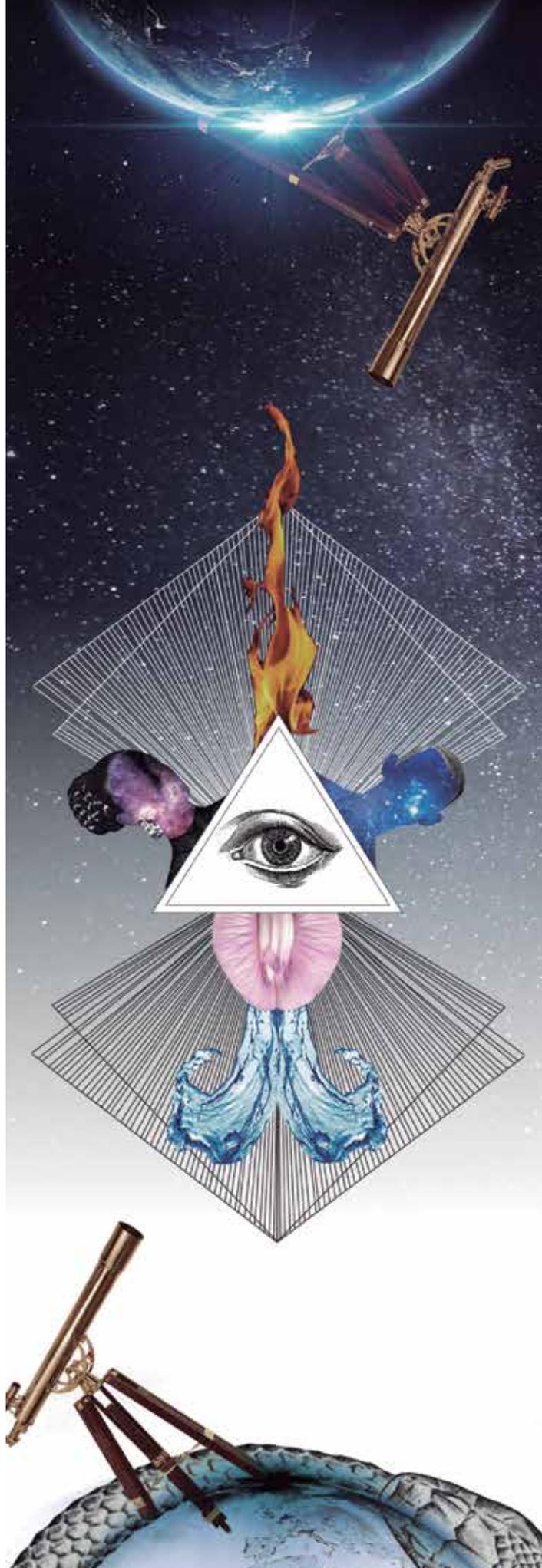
La cosmología es una disciplina muy antigua que, en las últimas décadas, se ha consolidado como ciencia experimental. Sus avances permiten hacernos preguntas más complejas sobre el universo.

*El comptador d'estrelles rega la ciutat  
amb l'aigua clara d'una xifra que no sap.  
El comptador d'estrelles rega la ciutat  
amb un sol número que mai no heu calculat.*  
Jaume Sisa, "El comptador d'estrelles",  
*Galeta galàctica*

“

ESTAMOS A PUNTO de dar un vuelco en la comprensión del origen y naturaleza del universo”, me dice el astrofísico Carlos S. Frenk mientras abre la bóveda de un pequeño telescopio instalado en la azotea de la universidad británica de

Durham. “Grandes preguntas habrán de responderse en breve.” Frenk estudia mundos virtuales. En supercomputadoras realiza mapas del contorno cósmico utilizando datos reales provenientes de diversos telescopios de los hemisferios norte y sur. Está convenido de que no tardaremos en responder las actuales interrogantes (la materia oscura y su relación con la constante cosmológica) y haremos algunas otras conforme se abran nuevas ventanas al espacio profundo de un universo cuya composición desconocemos



en gran parte, si bien hemos podido calcular su edad: 13,800 millones de años. Entre lo poco que tenemos claro, sabemos que el universo se halla en expansión, uno de los grandes descubrimientos del siglo xx que explica, entre otras cosas, por qué existe la flecha del tiempo. Hubo un pasado, experimentamos el presente y nos movemos hacia el futuro, no al revés.

Carlos Frenk es alumno de uno de los más ilustres cosmólogos contemporáneos, lord Martin J. Rees, quien me recibe en su departamento de Trinity College, en Cambridge, y me asegura que el gran logro de los últimos decenios es haber consolidado la cosmología como una ciencia experimental. “Es paradójico, ¿no le parece? Una de las disciplinas más antiguas, que siempre estuvo apoyada en precarias observaciones, mucha especulación hipotética y algunas teorías razonables, se convierte ahora en la ciencia más joven, en una ciencia cabal, que cuenta cada vez con más datos experimentales y, por tanto, con enormes probabilidades de refinar sus modelos teóricos.”

La cosmología es, en efecto, una ciencia salpicada de paradojas, pues se trata de una antiquísima forma del conocimiento. Hace apenas unas cuantas décadas se convirtió en una disciplina experimental de precisión, cuando el satélite COBE confirmó la existencia de una lluvia de microondas en el fondo de nuestro horizonte cósmico, que había sido descubierta en 1965 por Arno Penzias y Robert W. Wilson. Veinticinco años después se encontró que la intensidad de esta lluvia no era constante, que había fluctuaciones en lo más íntimo de su estructura material, algo que sucedió cuando el universo era muy joven. Esto dio como resultado la teoría de la inflación cosmológica, uno de los grandes logros de la astrofísica. Así se abrió un intersticio al espacio profundo. “Hoy disponemos de ventanas panorámicas para observar la astrofísica violenta”, me asegura John Ellis, del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) de Ginebra. John se refiere a la astronomía que estudia los grandes cambios en la formación y evolución del universo. El profesor Ellis forma parte del comité que construirá CTA (Enjambre de Telescopios Cherenkov), un colosal arreglo de antenas tanto en el hemisferio norte (isla La Palma, archipiélago de Canarias) como en el hemisferio sur (cerro Paranal, desierto de Atacama, Chile) destinadas a detectar rayos gamma de muy alta energía. Estos mensajeros primordiales llevan información muy valiosa sobre el origen del universo y en poco tiempo podremos saber, en palabras de Ellis, qué noticias nos traen del Big Bang. Es de lo que habla cuando habla de “astrofísica violenta”.

No obstante, cuando parece que dicha disciplina está dando saltos agigantados hacia las profundidades cósmicas, surgen interrogantes de las que no tenemos

más que indicios, remotas ideas sobre la naturaleza del universo y ninguna teoría factible. Tanto la supersimetría—que supone la existencia de partículas parecidas a las que conocemos pero que deberían hallarse en una región superior de la energía que han alcanzado hoy en día el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) y otros aceleradores para detectarlas— como la teoría de cuerdas—que imagina otras dimensiones espacio-temporales, perdidas en la evolución del universo— siguen siendo buenas hipótesis y nada más. Tampoco hemos abierto ninguna ventana a un asunto crucial: la materia oscura. Lord Rees, Carlos Frenk y John Ellis están de acuerdo en que las partículas de esta clase de materia (si es que existen) tienen muy baja densidad y por ello no interactúan ni es posible detectarlas en el mejor vacío que puede generarse en la tierra. Simplemente nos atraviesan sin dejar huella.

Otra hipótesis sugiere que dicha materia oscura existió una billonésima de segundo después del Big Bang. Los experimentos ATLAS y CMS se llaman así por dos detectores de partículas que forman parte del Gran Colisionador del CERN, donde se intentarán recrear estas condiciones primordiales. Algo similar se logró con otro de los experimentos montados en dicho acelerador, ALICE, el cual demostró la existencia de la sopa de quarks y gluones tres microsegundos luego del estallido inicial. Sin embargo, ATLAS y CMS solo podrán asomarse a esa diminuta grieta al pasado remoto después de 2020, ya que a fines de 2018 el LHC se cerrará durante dos años a fin de llevar a cabo mejoras y actualizaciones de manera profunda. A ello habrá que sumar FAIR, acelerador de antiprotones e iones pesados que está terminando de construirse en Darmstadt, Alemania, cuyo propósito es recrear en pequeña escala el Big Bang.

Vale la pena señalar que connotados físicos teóricos como Luis Álvarez-Gaumé, decano de CERN, creen que la actualización del LHC debería ser más profunda de lo que se ha proyectado—refinar la luminosidad del acelerador—. Esto significa aumentar su capacidad para detectar un mayor número de colisiones con la esperanza de que aparezcan eventos raros, encuentros del tercer tipo con la materia oscura. Sin embargo, lo que se necesita, aduce Álvarez-Gaumé, es renovar los superimanes superconductores, de manera que produzcan mucha más energía de la que producen hoy. El LHC ha alcanzado su límite, por lo que, si se le perfeccionara para rebasar dicho tope, quizá se atisbe una región inédita del microcosmos y encontremos algunas respuestas a fin de comprender el otro lado de la escalera universal.

Un nuevo marco se abrirá en las próximas décadas cuando los telescopios Cherenkov hagan “brillar” la materia oscura. John Ellis nos habla de algo imposible hasta el momento: en nuestro universo, materia y

antimateria se aniquilan al encontrarse, disipándose en forma de radiación; en el mundo de la materia oscura, la densidad es tan débil que partículas y antipartículas de materia oscura conviven y, por tanto, las colisiones son extraordinarias. Sin embargo, en condiciones tormentosas, como en el centro de nuestra galaxia, donde la densidad es muy alta, es más probable que partículas y antipartículas de materia oscura colisionen y produzcan radiación gamma de muy alta energía. Ya en 2005 la NASA lanzó un satélite capaz de detectar dichos rayos y ahora mismo se enfoca hacia la zona de donde provienen. En ese entonces el Instituto de Astrofísica de Canarias terminó de instalar en La Palma un par de “ojos”, bajo el nombre de MAGIC, que miran rápidamente hacia donde se detecta la presencia de un chorro de partículas cósmicas. Tanto este telescopio como HESS en Namibia, HAWC en México y VERITAS en Arizona han estado abriendo rendijas. Le pregunto a Ellis: Con el nuevo arreglo planetario de CTA, ¿tendremos el panorama completo? “Casi”, responde.

Escudriñar la naturaleza de la luz y su opuesto complementario, la materia oscura –además de la energía también llamada oscura simplemente porque no sabemos qué es–, representa un desafío de gran envergadura. ¿Están hechas de partículas, se trata de campos? Fritz Zwicky y Vera Rubin propusieron que la materia oscura debería tener cierta interacción gravitacional con la materia visible, si bien hasta ahora no se ha encontrado evidencia definitiva. Con respecto a la energía oscura sabemos mucho menos, aunque se cree que existe debido a la expansión acelerada del universo, ya que dicha energía presiona la estructura y provoca que todos los objetos cósmicos se alejen unos de otros a gran velocidad.

De acuerdo al astrofísico de partículas de CERN Álvaro de Rújula es imperativo entender la constante cosmológica pues hay una notable disparidad en las mediciones actuales. Este concepto fue introducido por Einstein en 1917 a fin de estabilizar sus ecuaciones de la relatividad general, ya que en ese momento no se había descubierto la expansión del universo y era imposible conciliar un mundo estático y homogéneo con la tendencia de los cuerpos a colapsar debido a la acción de la gravedad. Cuando se supo que el universo se expande en todas direcciones, Einstein desechó la idea. No obstante, teóricos como De Rújula piensan que es un concepto valioso, el único que mantiene la congruencia de las ecuaciones de Einstein, a pesar de las notables diferencias en las mediciones mencionadas, y por ello hay que seguir indagando.

Tampoco comprendemos el vacío, esa misteriosa sustancia que da coherencia física, por ejemplo, al bosón de Higgs, el cual induce que haya cuerpos con masa como nosotros, al igual que estrellas. Una tercera

cuestión requiere de su propia ventana, la cual se diseñará y construirá conforme metamoros las narices en la estructura de las galaxias, ya que hoy en día los datos, cada vez más precisos y cuantiosos, indican que la densidad en el centro de nuestra galaxia difiere de lo esperado, de manera que el asunto de la materia oscura aparece más enigmático que antes.

Para Álvarez-Gaumé “esa ventana se abrirá de par en par con el Square Kilometer Array, una cadena de radiotelescopios entre Australia y Sudáfrica que nos permitirá conocer la estructura del universo a gran escala. Seremos capaces de observar y contrastar cómo ha evolucionado la densidad universal, desde una época remota e inmediatamente posterior al Big Bang, el fondo de la radiación cósmica, hasta ahora. También nos permitirá conocer la distribución de materia oscura y, al mismo tiempo, la manera como se ha ido aglomerando la materia visible”.

Hace una pausa, sonrío maliciosamente y agrega: “Luego está el Santo Grial de la cosmología: el modo B.”

Sabemos que la radiación cósmica de fondo es un mensaje muy antiguo escrito en fotones que, se suponía, viajaban por un espacio “plano”. En 2002, investigadores a cargo del Interferómetro de Escala Angular anunciaron un descubrimiento crucial: la radiación viaja con una orientación casi imperceptible, es decir, está ligeramente polarizada. Este fenómeno esencial, predicho por lord Rees en 1968, demuestra que hubo pequeñas irregularidades cuando el universo tenía apenas unos cien mil años de edad.

A tales “anomalías” se les conoce como modos B. “Detectarlos es muy difícil”, afirma Álvarez-Gaumé, “pues no conocemos el grado de contaminación de fondo y la señal de las lentes gravitacionales de la materia oscura empañan otros datos. Pero cuando podamos distinguir la contaminación de los fotones arcaicos tendremos una vista panorámica del Big Bang”. Hace poco el telescopio espacial Planck y el terrestre South Pole Telescope detectaron modos B. Tales eventos confirmaron que la polarización es sumamente leve, apenas de un 10%, a una temperatura de unos cuantos y gélidos microkelvins. Es muy importante ampliar esta ventana porque nos dejará mirar el momento en que iones positivos (sobre todo protones) se combinaron con electrones por primera vez para formar átomos neutros. Antes, la radiación de fondo no estaba polarizada.

Pionero de la radioastronomía experimental en México, Luis Felipe Rodríguez, de la UNAM, recuerda el progreso espectacular en la amplificación de señales provenientes del espacio profundo. “Cada vez son más nítidas”, asegura, si bien advierte acerca del punto límite en donde la precisión cede sin remedio ante

la estadística. “Aun así, el futuro cercano es prometedor”, agrega, “pues junto con los estadounidenses del Observatorio Nacional de Radioastronomía, localizado en Nuevo México, estamos planeando abrir otra ventana en los próximos quince años: el Gran Arreglo de Nueva Generación”. Es decir, radioastronomía extrema, capaz de llevar al límite los dispositivos tecnológicos y las ideas que los sustentan. Algo de eso se hace en ALMA, el Gran Arreglo de Antenas Milimétricas localizado en Atacama, Chile, cuya mirada desborda las fronteras cósmicas. “Una cosa que nos interesa saber es qué tan temprano se produce el proceso de formación de planetas en una nube primordial”, finaliza.

Un tema clásico de la cosmología, los hoyos negros, también parece reservarnos algunas respuestas, y estamos en el umbral de saberlas. Por lo pronto, los astrofísicos han descubierto que cuando languidece una estrella muy pesada, con diez veces la masa de nuestro sol, termina convirtiéndose en un hoyo negro. El más antiguo de ellos, de unos 13 mil millones de años, fue descubierto en fecha reciente por ALMA. “Si bien los físicos de partículas subatómicas y los teóricos de campos cuánticos hemos estado tratando de comprender qué sucede en este fenómeno y cuáles son los efectos cuánticos, aún no sabemos combinar la teoría cuántica con las ideas relativistas de Einstein”, reconoce John Ellis. “La detección de ondas gravitacionales —que se registró hace un par de años— puede ser un primer paso para lograr la ansiada unificación de teorías.”

Alguna vez los neutrinos fueron serios candidatos a formar parte de la materia oscura, pero ahora se sabe que no es así, si bien pueden convertirse en un puente para inferir algo de la naturaleza oscura. Es posible detectar los que provienen del sol o de supernovas, y también pueden “fabricarse” en tierra, como sucede con una vieja gloria de la cacería de partículas, el Tevatrón del Fermilab, localizado en Chicago, Illinois. Este acelerador se ha convertido en una poderosa fuente de protones y neutrinos extremadamente energéticos, los cuales podrán ser detectados a 1,300 kilómetros de distancia por un aparato ubicado bajo tierra, en Dakota del Sur. El prototipo de los detectores se construye en el CERN.

“Rayos cósmicos cargados, neutrinos, ondas gravitacionales, rayos gamma de alta energía, electrones y positrones, fotones muy antiguos, antinúcleos detectados mediante sondas espaciales, son todas ventanas que en un futuro próximo nos habrán dejado ver lo suficiente como para obtener un visión realmente panorámica del universo”, dice Ellis. “Las galaxias están abiertas a las inquietudes humanas.” —

**CARLOS CHIMAL** es escritor y divulgador de la ciencia. Su libro más reciente es *Fábrica de colores* (FCE, 2017).

# La conversación ahora continúa en los móviles.

## LETRAS LIBRES

