

La Teoría cumple sesenta años.

Últimas noticias del Big Bang

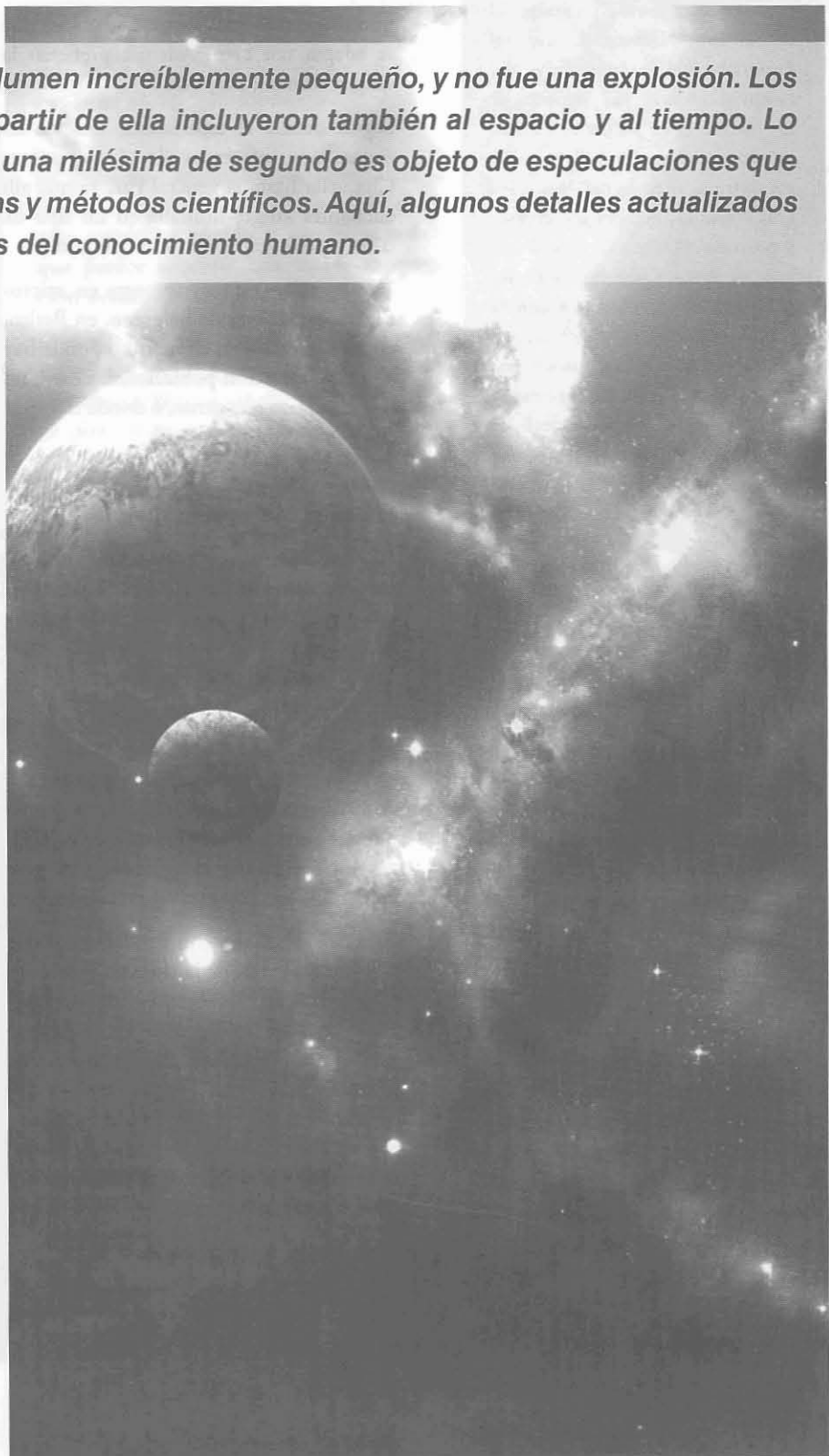
Por Guillermo Mattei | gmattei@df.uba.ar

La Gran Explosión ocupó un volumen increíblemente pequeño, y no fue una explosión. Los objetos que se expandieron a partir de ella incluyeron también al espacio y al tiempo. Lo que ocurrió antes de cumplirse una milésima de segundo es objeto de especulaciones que involucran sofisticadísimas ideas y métodos científicos. Aquí, algunos detalles actualizados de uno de los mayores desafíos del conocimiento humano.

“La evolución del Universo es comparable a una traca de fuegos artificiales que acaba de concluir: unas pocas chispas, cenizas y humo. Situados en una pavesa ya enfriada, vemos como los soles se apagan, e intentamos recrear el esplendor desvanecido del origen de los mundos”, describía metafóricamente en 1927 el astrónomo y sacerdote belga Georges Lemaître. La teoría del átomo primigenio del abate Lemaître atribuía a la enorme explosión de un núcleo increíblemente denso, que contenía toda la materia existente dentro de una esfera, unas 30 veces mayor que el Sol, como el origen de nuestro Universo.

El germen de esta idea residió en las observaciones astronómicas de 1920 de Edwin Hubble, que establecían que las galaxias distantes se alejaban de nosotros, y en la demostración de 1922 del matemático y meteorólogo ruso Alexander Friedmann, quien encontró que la teoría de la Relatividad General de Einstein era compatible con un universo ilimitado y en expansión. Si experimento y teoría sugerían que el Universo estaba expandiéndose, era lógico pensar que provenía de un estado anterior de mayor densidad.

En los '40, el astrofísico ruso, nacionalizado estadounidense, George Gamow perfeccionó la idea del abate al sostener que el Universo había evolucionado a partir de un estado de alta temperatura de modo que, en la actualidad —tal como la pavesa de Lemaître—, ésta debía rondar apenas



los cinco grados kelvin por encima del cero absoluto. Las observaciones y mediciones astronómicas de mediados de los '60 y, con mayor refinamiento, de principios de los '90 confirmarían estas predicciones. Un hermoso ejemplo del doble juego de la teoría y del experimento.

Eppure si espande

En 1938 un profesor de Cambridge le comentaba a un reciente graduado en física: “En 1926, hasta un estudiante mediocre podía realizar un trabajo importante en física fundamental. Ahora ni siquiera los muy buenos pueden encontrar problemas relevantes que resolver”. Semejante sentencia de boca de Paul Dirac, uno de los padres de la mecánica cuántica, no era para dejar pasar, pensó Fred Hoyle, y decidió aplicar sus conocimientos de física nuclear a las estrellas. Y Fred Hoyle pasó a la historia de la física menos por aportar al entendimiento del Universo que por haber sido un ejemplo de cómo funciona la contraposición de argumentos, modelos e ideas en una ciencia natural formalizada. Según el físico británico Martin Rees (Universidad de Cambridge): “Hoyle, el astrofísico más creativo y original de su generación, defendió su idea científica al mismo tiempo que contribuía a las de sus teorías rivales”. Lo paradójico es que esto no es una paradoja dado que la matemática es el lenguaje con el que se escribe la ciencia y el experimento, el que habilita el diálogo con la Naturaleza.

Hoyle se había especializado en el estudio de la formación, evolución y proporción de los átomos de la tabla periódica en nuestro Universo. Desde esta perspectiva, en 1948 conjeturó que vivimos en un Universo estacionario, a pesar de la expansión global, donde la inmutabilidad está sostenida por una creación continua de materia que generaría nuevas galaxias.

Esta idea asaltó a Hoyle saliendo del cine luego de ver la película “La muerte de la noche”, cuyo final retoma la primera escena, en un sugerido e implícito sinfín de la trama.

Durante quince años los astrofísicos confrontaron ideas, argumentos, observaciones y experimentos entre Universo en expansión y Universo estacionario. Desde su trinchera, Hoyle no escatimaba recursos mediáticos, usuales luego en la mayoría de las personalidades de trascendencia pública del siglo XXI: elocuencia, imaginación, carisma, sentido publicitario y capacidad para convencer. En 1948, en su habitual columna radial de divulgación científica, Hoyle trató de ridiculizar a la teoría del Universo en expansión de Lemaitre y Gamow usando jerga callejera: así, desde hace sesenta años, el término Gran Explosión (*Big Bang* en inglés) es uno de los más repetidos fuera y dentro de la física.

En su libro “Antes del principio”, Martin Rees asegura que la idea de que nuestro Universo ha estado expandiéndose desde un segundo después de su origen, específicamente desde el momento en que empezó a formarse el elemento helio de la tabla periódica, debe tomarse tan en serio como las inferencias relativas a la historia primitiva de la Tierra a partir de los datos geológicos y de los registros fósiles, pruebas igualmente indirectas e, incluso, menos cuantitativas. Sin embargo, sobre lo que le ocurrió al Universo antes de cumplir su primer segundo de vida, no es posible decir lo mismo.

¿Explosión o rebote?

La imagen de un universo actual en expansión induce a pensar que, en el pasado, todo, pero absolutamente todo, estaba más cercano, comprimido o junto. Retrotraer la expansión —*pasar la película al revés*—, en términos de la física me-

jor conocida por los especialistas, llevaría a una situación en la cual toda la realidad habría ocupado un volumen nulo y así su densidad de energía habría sido infinita. A los físicos, les perturba que toda la estructura del conocimiento, adquirido con esas leyes establecidas, fracase justo en ese punto que, en términos más técnicos, se denomina una *singularidad*.

Sin embargo, en su edición de agosto de 2007, la revista *Nature* publica las conclusiones del trabajo del cosmólogo alemán Martin Bojowald, que propone reemplazar la tradicional idea de la Gran Explosión por la del Gran Rebote (*Big Bounce*) para esa conflictiva etapa primigenia de un Universo con solo milisegundos de edad. Bojowald es uno de los principales referentes de la llamada Gravedad Cuántica de Bucle, una reciente aplicación de la Mecánica Cuántica a las ecuaciones de la Relatividad General, que se presenta a sí misma como el formalismo teórico capaz de sobrellevar las dificultades conceptuales que ocasiona la eventual singularidad del Big Bang. En este marco, la estructura, en algún sentido *atómica*, del tejido espaciotemporal en los primeros instantes del Universo obligaría a la gravedad a ser repulsiva, en lugar de atractiva, como ocurre hoy día, y eso motorizaría la expansión posterior. Es más, la conjetura indica que el Universo de tamaño mínimo (no nulo ya) y energía máxima de partida sería la fase terminal de otro Universo, *previo* al nuestro, que habría



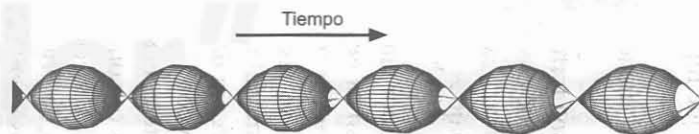
El problema del Big Bang, ¿es el problema de la Física?

Lee Smolin es un físico teórico especializado en gravedad cuántica o en la parte de la física que trabaja en combinar la teoría cuántica de la microfísica con la Relatividad General de los efectos gravitatorios de objetos astronómicos supermasivos. Esta combinación de ideas y herramientas matemáticas resultaría vital para entender la intimidad del Big Bang antes del primer segundo de vida del Universo.

Sin embargo, además de sus méritos como especialista en el tema, Smolin acaba de desatar una polémica que podría ser epistemológica si no fuera porque algunos colegas le adjudican una intencionalidad relacionada con una presunta disputa por protagonismo académico.

“Los grandes físicos de inicios del Siglo XX, Einstein, Böhr, Schrödinger, Heisenberg, Mach, Boltzmann o Poincaré, pensaban a la física teórica como una empresa filosófica: primero las ideas, luego los cálculos”, explica Smolin. De todas maneras, los problemas filosóficos no habían desaparecido ni mucho menos cuando, en las primeras décadas del siglo pasado, la Mecánica Cuántica no hizo más que aumentarlos. Sin embargo, los éxitos de la física subatómica relegaron las cuestiones de los fundamentos en beneficio de una ola pragmática que tuvo, en consideración de Smolin, su clímax en la academia estadounidense de los '40 con los renombrados físicos Feynman, Dyson y Gell-Mann. Según Smolin, ‘calláte y calculá’, era la recomendación más frecuente a los físicos en formación de parte de sus mentores. Sin embargo, este estilo científico dio lugar a éxitos experimentales colosales, por ejemplo en física de partículas, aún con una teoría no todo lo formalmente consistente que era deseable. “Los caminos de la investigación en física que no pasaban por los fundamentos y el rigor formal solo fueron seguros mientras modelos y observaciones se alimentaron mutuamente pero, desde los '80, eso se acabó”, afirma Smolin.

Por su parte, el matemático y cosmólogo inglés Roger Penrose opina: “Probablemente los problemas de la unificación de las leyes básicas y de la descripción cuántica de la gravedad en el Big Bang estén entrelazados con el de los fundamentos de la Mecánica Cuántica”, y Smolin redobla: “Si Penrose está en lo cierto, cientos de físicos teóricos que ignoran los problemas fundacionales están perdiendo su tiempo”. Pero no todo es apocalíptico para Smolin: una de las pocas ramas de la física que, en su opinión, retomaría contraculturalmente el viejo estilo de comenzar por los pilares de la teoría es la de la Computación Cuántica, tanto en su versión teórica como experimental.



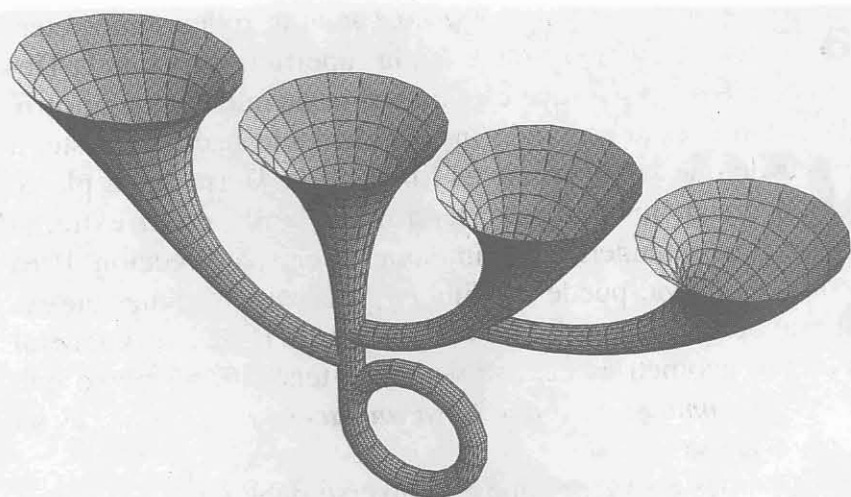
Universo oscilante: Sucesión de explosiones y contracciones de universos sucesivos.

acabado contrayéndose hasta ese extremo (Ver Figura. “Universo oscilante”). Adicionalmente, Bojowald asegura que ni siquiera podría hablarse de un *Eterno Retorno* ya que, en cada resurrección, operaría algo así como un olvido cósmico de los parámetros característicos. A diferencia de los cultores de la teoría competitiva en esos pliegues tan remotos de la realidad —la teoría de cuerdas—, Bojowald está ansioso de confrontar sus conclusiones con las observaciones que proveerá la Misión Planck (Agencia Espacial Europea) y la Antena Espacial de Interferometría Láser (NASA) que, en los próximos años, intentará testear algunos emergentes del comportamiento cuántico del Universo primitivo.

Otro modelo físico que pretende eludir la fastidiosa singularidad inicial lo aportó, a fines de los '90, Richard Gott (Universidad de Princeton), quien hipotetizó que el Universo pudo haberse creado a sí mismo. En este caso, el ejercicio de retrotraer la evolución a épocas pretéritas no llevaría a una singularidad sino a ramificaciones de un tronco común del espaciotiempo por las que evolucionarían varios universos paralelos y, aún más, a bucles cerrados que se podrían recorrer, tan eterna e ilimitadamente como un viaje sin interrupciones por el ecuador terrestre (Ver Figura: “Universo que se crea a sí mismo”). Un bucle cerrado de la estructura espaciotemporal permitiría que “el Universo sea su propia madre”, según palabras de Gott. En este caso sería apropiado decir adiós a la causa primera de Tomás de Aquino, ya que cualquier suceso siempre tendrá uno que lo preceda, y al temor al infierno de las magnitudes infinitas, dado que curvando el espaciotiempo lo suficiente, según dicta la Relatividad General, no habrá necesidad de pensar en una caprichosa singularidad de partida.

Estado del arte

El profesor e investigador especialista en el tema del Departamento de Física de la FCEyN, Esteban Calzetta, explica: “Si el estado caliente y denso de los orígenes del Universo



Universo que se crea a sí mismo: Modelo en el que cada universo engendra otros universos, de modo que un bucle (una especie de rosca de Pascua) permite que un universo sea su propia madre. Es decir, no hay un punto inicial, sino un bucle.

surge de una explosión primordial, o si hay etapa previa de un universo cíclico que, en algún momento, recalesó, rebotó y dio lugar a nuestras vidas en un mundo renacido, no hay evidencia. Sólo podemos especular. Y, en toda especulación, es inevitable la entrada de los prejuicios de cada uno.”

El modelo del Big Bang es evolutivo: el Universo se expande en un sentido más profundo que el coloquial, cambia su geometría, su contenido se separa, se enfría y se diluye. Si uno pasa esta película evolutiva al revés, indefectiblemente se encuentra con una singularidad. “Si esa extrapolación es válida o no, realmente no se sabe”, admite Calzetta y agrega: “es posible que la extrapolación deje de valer y haya que cambiar la física que describe ese momento.”

“Hablar de Universo en expansión implica hablar en términos de física clásica: espacio tiempo curvo y temperaturas bien definidas que evolucionan, básicamente, siguiendo las ecuaciones de la Relatividad General de Einstein. Sin embargo, hubo un universo previo donde convivieron algunas manifestaciones de tipo cuántico, tal como el desbalance entre el número de partículas y antipartículas, y un entorno geométrico que los físicos podían considerar en forma clásica. Pero aun antes de este escenario, habría habido una etapa hipotética en la cual tanto la geometría como la materia obedecían leyes cuánticas, que no sabe-

mos bien cuáles son ni disponemos de vestigios observables directos y contrastables”, explica Calzetta.

Antes del primer milisegundo, probablemente la riqueza de sucesos físicos ocurridos sea inimaginable, pero la física relevante es aún motivo de especulación entre físicos matemáticos y cosmólogos cuánticos. Desde el primer milisegundo hasta el millón de años existe abundante evidencia cuantitativa y la física involucrada se comprende satisfactoriamente. Desde el primer millón de años hasta la actualidad aparecen estructuras en el Universo que son emergentes de leyes básicas pero cuya complejidad las hace muy difíciles de abordar (tanto como los problemas meteorológicos o ecológicos, por razones similares).

Sesenta años después de la provocación lingüística de Fred Hoyle en una radio londinense, que dio origen al término Big Bang, los físicos han trabajado mucho, han aprendido mucho y queda mucho por descubrir acerca de la génesis del Universo. En palabras del astrofísico de origen indio Subrahmanyan Chandrasekhar acerca de esperar un día soleado para subir al Everest y ver completa la cordillera de los Himalayas. “Ninguno de nosotros puede esperar una visión comparable de la naturaleza y del universo que nos rodea. Pero eso no quiere decir que sea mediocre o humilde permanecer en el valle inferior y esperar a que el Sol surja sobre el Kinchinjunga”. □

Dov

DIRECCION DE ORIENTACION VOCACIONAL de Exactas

- Ⓞ Exactas va a la escuela: charlas gratuitas de divulgación científica y paneles de investigadores de la Facultad de Exactas en los colegios.
- Ⓞ Programa de Experiencias Didácticas: prácticas en los laboratorios para alumnos secundarios.
- Ⓞ Visitas y recorridos por los laboratorios de la Facultad.
- Ⓞ Charlas sobre cada una de nuestras carreras.



La Dirección de Orientación Vocacional de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA organiza todas estas actividades pensadas para alumnos de los últimos años de los colegios secundarios.



Con distintas prácticas, todas ellas apuntan a difundir las carreras de ciencias entre quienes estén próximos a realizar su elección vocacional.



Para más información, los directivos de escuelas, los docentes o los alumnos pueden comunicarse con nosotros al 4576-3337 o por correo electrónico a dov@de.fcen.uba.ar