

APUNTES DE COSMOLOGÍA

Se cuenta que un astrónomo daba una conferencia en la que explicaba cómo la Tierra giraba alrededor del Sol y cómo éste, giraba alrededor del centro de nuestra galaxia. Al final de la disertación, intervino una señora que dijo: "Lo que ha contado usted no son más que tonterías. El mundo es en realidad una plataforma plana apoyada sobre la concha de una tortuga gigante". El científico sonrió antes de responderle con una pregunta: "¿Pero en qué se apoya la tortuga?". Y la señora replicó: "Es usted muy inteligente, joven, muy inteligente ¡Hay infinitas tortugas una debajo de otra!".

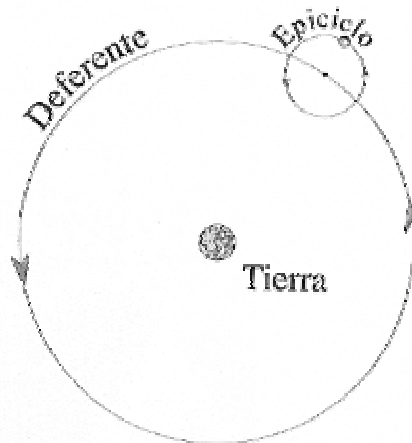
La respuesta nos puede parecer evidentemente ridícula, pero ¿qué sabemos del Universo?, ¿de dónde surgió?, ¿cómo se originó?, ¿tuvo un principio o existió siempre?, ¿cómo evoluciona?, ¿tendrá un final?

De intentar responder a esas preguntas sobre el universo o cosmos se ocupa la cosmología que estudia el universo en su conjunto

Los modelos más antiguos sobre el cosmos surgieron con la idea de organizar los astros observables en la bóveda celeste, explicar sus movimientos y hacer predicciones sobre su comportamiento, de cara a las labores agrícolas y la fijación de fechas de carácter religioso.

Decía el filósofo griego Aristóteles (384-322 a. C.) que todo lo que existe se encuentra dentro de una gran esfera en cuya superficie interna están fijadas las estrellas. Fuera no hay nada. El Cosmos está dividido en dos grandes zonas: el mundo celeste o supralunar –perfecto–, y el mundo terrestre o sublunar –imperfecto–. Su sistema es geocéntrico.; la Tierra es el centro del Universo y todos los demás astros celestes giran en círculos concéntricos alrededor de ella. El círculo es la figura perfecta, no tiene principio ni fin.

Claudio Ptolomeo (90-168), astrónomo de Alejandría, cuyo sistema cosmológico iba a dominar el pensamiento occidental durante más de mil años, situaba también a la Tierra en el centro del universo. Los planetas se movían con dos movimientos circulares: recorrían un círculo, el epiciclo, cuyo centro a su vez se movía también alrededor de otro círculo, el deferente, cuyo centro era la Tierra.



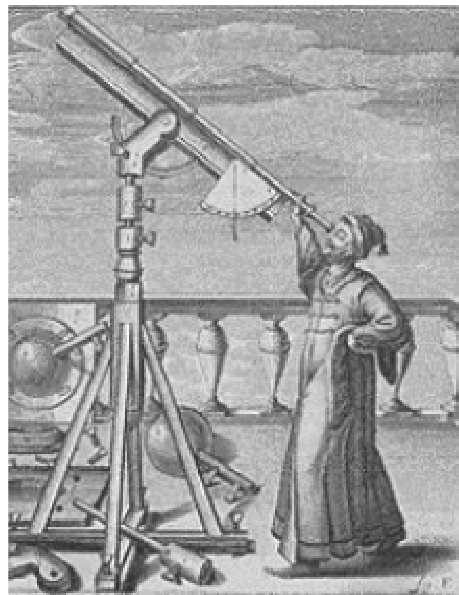
El astrónomo polaco Nicolás Copérnico (1473-1543), escribió: "Todos los movimientos visibles del Sol y de los planetas no son así en sí mismos sino solamente vistos desde la Tierra". Propuso un sistema heliocéntrico, situando en el centro del Universo al Sol, y los demás planetas, incluida la Tierra, girando alrededor de él. Resultaba difícil asimilar este sistema

copernicano, pues admitir el movimiento de la Tierra iba en contra del sentido común. Las observaciones del danés Tycho Brahe (1546-1601) y los trabajos matemáticos del alemán Johannes Kepler (1571-1630) dieron una continuidad rigurosa al descubrimiento de Copérnico.

Kepler, a partir de los datos recogidos por las observaciones de Brahe, llegó a la conclusión de que las órbitas de los planetas eran elípticas, con el Sol en uno de los focos. Al ser la órbita elíptica, la velocidad de los planetas no era la misma en todos sus puntos, siendo mayor cuando estaba más cerca del Sol y menor cuando estaba más lejos. Pero hubieron de transcurrir varias generaciones para que en el espíritu de los hombres se produjera la "revolución copernicana".

Galileo Galilei (1564-1642) nació en Pisa. Con ayuda del telescopio observó cuatro «planetas» más pequeños (satélites), que giraban alrededor de Júpiter. El que girasen alrededor de Júpiter y no de la Tierra, atentaba contra el sistema geocéntrico. También observó que la superficie de la Luna era rugosa y desigual, con montañas y valles. Esto contradecía las clásicas doctrinas de la perfección de los cuerpos celestes. Muchos de los contemporáneos de Galileo, afianzados en sus antiguas teorías, rehusaron aceptar la validez científica de sus descubrimientos, sin aceptar la verdad que estaba ante sus ojos. Así, la Iglesia le obligó a que dejara de enseñar y escribir sobre la teoría copernicana. Una leyenda cuenta que después de firmar el documento de renuncia a sus ideas

susurró: «eppur si muove» (sin embargo se mueve), en alusión a que, a pesar de que le obligaran a firmar lo contrario, la Tierra se movía.



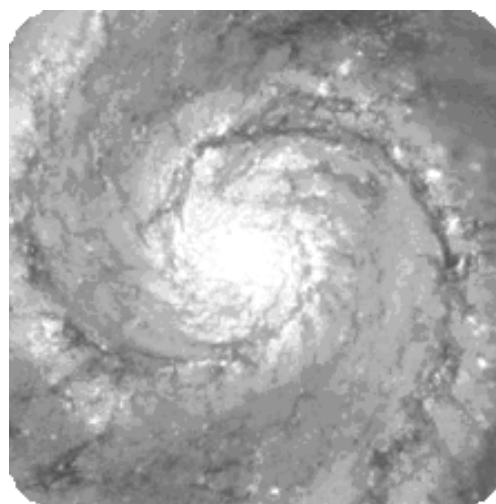
Isaac Newton (1642-1727), físico y matemático inglés, con sus leyes fundamentales de la mecánica y la ley de la gravitación universal, elaboró un modelo cosmológico basado en la infinitud de un espacio y un tiempo absolutos. El universo era infinito y estático, con estrellas por todas partes que permanecían fijas en sus posiciones relativas, y eran atraídas por igual en todas las direcciones. Si no fuera así y la distancia entre dos estrellas, por ejemplo, disminuyera, entonces aumentaría la fuerza atractiva entre ellas, se acercarían, y el universo colapsaría. Así pues para evitar ese colapso se requiere que las estrellas permanezcan estáticas en un universo infinito. El modelo newtoniano funcionó sin tropiezos durante cerca de doscientos años, hasta que, poco después de comenzado el siglo XX, Albert Einstein iba a alterar la concepción que sus contemporáneos tenían del Universo.

Como todos sus contemporáneos, Einstein creía que el universo era estático e inalterable, pero sus ecuaciones de la Teoría general de la Relatividad conducían, según demostró el matemático ruso Alexandre Fridman (1888-1925), a un modelo de universo en expansión, por lo que Einstein se vio forzado a introducir en ellas un término, llamado «constante cosmológica», representado por Λ , que contrarrestase la fuerza atractiva de las estrellas, pues de otro modo el universo colapsaría.

En 1929, el astrónomo Edwin Hubble (1889-1953) descubrió que las galaxias se alejan unas de otras a velocidades tanto más grandes cuanto mayor es la distancia que las separa. El universo está, pues, en expansión, como predecía Fridman, lo que implica pasar de una visión estática e inmutable a otra dinámica, que evoca un universo cambiante, con un pasado en que fue muy distinto a como es hoy y con un futuro en que, con toda seguridad, seguirá cambiando. Lo que se expande propiamente es el espacio, arrastrando en su expansión a los cuerpos celestes, con un continuo aumento de las distancias entre las galaxias. La medida de la velocidad de esa expansión se conoce como «constante de Hubble».

A raíz del descubrimiento de Hubble, Einstein se convirtió en un ferviente defensor del modelo del universo en expansión, e incluso rectificó sus ecuaciones para eliminar el «término cosmológico» que había añadido, y al que, años después, se refería como *la peor idea de su vida*. Paradójicamente, las más recientes medidas de la constante de Hubble

hacen pensar que la expansión del universo se está produciendo de modo acelerado, en contra de lo que cabría esperar, esto es, una expansión decelerada, al verse frenada por las fuerzas gravitatorias. Ello ha llevado a algunos cosmólogos a reivindicar la presencia de nuevo de la «constante cosmológica» de Einstein, equivalente a una fuerza repulsiva, capaz de contrarrestar la atracción gravitatoria y permitir así una expansión acelerada del universo.



A partir de la ley de Hubble y admitiendo que el alejamiento de las galaxias se ha venido produciendo desde el pasado, se llegó a la conclusión de que inicialmente toda la materia del universo estaba concentrada en un núcleo muy denso y caliente que experimentó una explosión primaria, a partir de una singularidad conocida como Big Bang (gran explosión), que emitió materia y radiación en todas direcciones. Medidas de gran precisión efectuadas en 2003 cifran la «edad» del universo en 13.700 millones de años.

Durante los primeros minutos de la vida del universo se sintetizaron los elementos más ligeros, deuterio, litio

y, sobre todo, helio, a partir del hidrógeno primordial. Unos 300.000 años después del Big Bang quedó libre la llamada *Radiación Cosmológica de Fondo*, enfriándose con el conjunto del universo para llegar hasta nosotros como verdadero registro fósil de un pasado remoto.

La Radiación de Fondo es un conjunto de fotones de muy baja energía, repartidos por todo el volumen del universo, con una isotropía casi perfecta pues parece proceder de todos los rincones del universo con las mismas propiedades. En 1965 Arno Penzias (1933-) y Robert Wilson (1936-) detectaron esa radiación, describiendo la intensidad de la misma en función de la «temperatura equivalente», ya que todo cuerpo con temperatura superior al cero absoluto emite ruido radioeléctrico. La explicación confirmó la hipótesis del Big Bang. La radiación detectada debió ser emitida en la explosión inicial cuya temperatura equivalente ha ido disminuyendo a medida que el universo se expansionaba, hasta llegar a la temperatura actual. Penzias y Wilson recibieron el Premio Nobel de Física en 1978.

Si como aceptan la mayoría de los cosmólogos el universo está en expansión, ¿podemos aventurar cuál será su destino en el futuro?

Ese destino depende de la cantidad de materia que haya en el universo cuya masa total ejerce una atracción gravitatoria constante entre todos sus componentes. Si en el universo hay bastante materia, la gravitación superará a la expansión, ésta disminuirá gradualmente hasta que cese, y

después el universo se contraerá cada vez con más rapidez mientras que la fuerza de gravitación aumentará hasta el punto de volver a contraer todo el universo en otra bola superdensa y supercaliente, ya sea para extinguirse definitivamente en un eventual fin, llamado Big Crunch (gran crujido), ya sea para expandirse en otro Big Bang (universo cerrado).



Pero si la masa total del universo es insuficiente para que la fuerza gravitatoria predomine, la expansión de éste continuará por siempre (universo abierto). Este destino se conoce con el nombre de Big Yawn (gran bostezo).

Los físicos barajan la hipótesis de que la cantidad de materia en el universo sea tal que se sitúe en la zona intermedia que hay entre las dos posibilidades analizadas; sería la que corresponde a una cierta densidad crítica. Ese valor es, justamente, el que emerge de manera natural en la

mayoría de los esquemas teóricos vigentes y que conduciría a una expansión del universo continua hasta detenerse en el infinito.

Pero esa densidad crítica conjetura que el universo esté más lleno de materia de lo que parece estar. El cómputo de la inmensidad de estrellas y galaxias no aporta más que una pequeña parte de toda la materia presente en el universo, y el resto, la mayoría, sería una materia que no se ve, la llamada "materia oscura". No se ve, porque no emite luz ni intercepta eficazmente el paso de la misma, pero actúa mediante su interacción gravitatoria sobre la materia visible. No puede ser materia de la que están hechos los cuerpos celestes y otros objetos ordinarios, nada pa-

recido a la que se encuentra en los átomos, componentes de la materia ordinaria. Caso de existir en las cantidades estimadas, la materia oscura supondría realmente la mayor parte de la materia presente en el universo, y añadida a la materia visible harían que la densidad total se acercase a la densidad crítica.

La evolución del Universo depende principal y casi exclusivamente de la cantidad total de materia realmente existente, incluida la desconocida materia oscura. Indagar sobre ésta, ayudará a predecir si el destino será una expansión indefinida, el Big Yawn, o el advenimiento, en un lejano futuro, de una fase de contracción que finalice en el Big Crunch.

