

Una teoría que sobrevive

Algunas noticias referentes a descubrimientos astronómicos —realizados por prestigiosos científicos— han pretendido redactar, durante el año 1989, el epitafio final a la teoría del “big bang”, de una manera ciertamente poco seria y en cualquier caso apresurada.

Efectivamente, el año 1989 ha estado cargado de acontecimientos importantes para aquellos que tratan de conocer el origen y la evolución del Universo. Pero las consecuencias de esos descubrimientos no implican una modificación esencial de la teoría que hoy por hoy es aceptada como paradigma por la comunidad científica.

En cualquier caso, estos hechos prueban lo apasionante que resulta la cosmología actual al verse continuamente afectada por observaciones cada vez más sorprendentes.

VICENT J. MARTÍNEZ, *dept. de Matemàtica Aplicada i Astronomia. Universitat de València*

Vamos a hacer un repaso de algunas de esas recientes observaciones y de sus implicaciones sobre nuestro conocimiento teórico del Universo. En los primeros meses del año pasado, los investigadores Martha Haynes y Riccardo Giovanelli descubrieron algo parecido a una galaxia en formación. Se trataba de una nube de hidrógeno neutro (H I) que bien podía ser una protogalaxia, es decir, la estructura que se supone precede a la formación de una galaxia.

Nube de hidrógeno

La nube está relativamente aislada y se supone que se encuentra a una distancia de algo más de 80 millones de años luz. Tiene un diámetro de alrededor de 800.000 años luz, es decir, varias veces mayor que el diámetro de nuestra galaxia. Su masa total es superior a 20.000 millones de masas solares. ¿Cuál es la importancia cosmológica de este

descubrimiento? En las teorías sobre el origen de las galaxias, se acepta que éstas se forman por colapso gravitacional en torno a inhomogeneidades de un campo de densidad inicial. Es decir, que zonas donde se ha generado un exceso de energía atraen gravitacionalmente la masa de las zonas menos densas para formar de esta manera las estructuras que hoy observamos.

Aunque no existe un único modelo que explique la formación de las galaxias, se asume generalmente en todos que esto ocurrió cuando la edad del Universo era del orden de 1.000 millones de años y acabó en un breve periodo. La edad del Universo depende de los valores que se asuman para la densidad total y para el parámetro de Hubble.

La densidad depende no sólo de la materia luminosa, sino también de la cantidad de materia oscura y de su naturaleza. Existe un valor para la densidad conocido como densidad crítica, que separa los modelos cosmo-

lógicos abiertos, en los que la densidad total es inferior a este valor, de los modelos cerrados, en los que la densidad es superior a ese valor crítico. Asumiendo que la densidad total coincide con la crítica, la edad del Universo oscila entre 6.500 y 13.000 millones de años, dependiendo del valor adoptado para el parámetro de Hubble que se sitúa entre 100 y 50, respectivamente. Esas edades serían mayores si la densidad fuese menor: por ejemplo para un valor de la densidad igual al 20 por ciento del valor crítico, las edades anteriores serían: 8.300 y 16.500 millones de años, respectivamente. En este artículo asumimos que la densidad es igual a la crítica y que $H = 50$ km/s/Mpc.

El hecho de que la nube de hidrógeno observada por Haynes y Giovanelli se encuentre a 80 millones de años luz significa que la luz que nos llega de ese objeto ha tardado en lle-

Continúa en la página siguiente

La Vanguardia, 28 - Julio - 1990

gar a nosotros ese número de años. Por lo tanto, lo que se observa hoy desde la Tierra es cómo se encontraba esa nube hace 80 millones de años, que es un tiempo relativamente pequeño en comparación con la época en la que se supone se formaron las galaxias.

Este hecho llevó a los comentaristas apresurados a afirmar el derrumbamiento de la teoría del "big bang". Esto, por supuesto, no ha ocurrido. La teoría del "big bang" se sostiene sobre fundamentos mucho más sólidos y admite incluso diferentes modelos de formación de galaxias.

En cualquier caso, si el objeto observado es efectivamente una protogalaxia, esto significaría exclusivamente que el proceso de formación de galaxias no empezó y acabó completamente en la época en la que se supone que ocurrió, sino que fue un proceso inacabado, al menos en un cierto porcentaje.

Esto significa que sin rechazar el marco teórico básico en el que se desarrolla la Cosmología moderna, tendríamos que aceptar la posibilidad de que aún hoy en día, aunque sea localmente y en una proporción no demasiado grande, se siguiesen formando galaxias tal y como se empezaron a formar hace varios miles de millones de años, aunque

aquel proceso fue "global" y éste no lo es.

Además, si se encontrasen más nubes de hidrógeno como ésta, situadas en el interior de zonas más o menos vacías de galaxias, esto significaría que el Universo sería, en realidad, más homogéneo de lo que parecen indicar las observaciones recientes de la distribución de la materia visible.

Estructuras cósmicas coherentes



Con referencia a la homogeneidad, cabe destacar que durante el pasado año los astrónomos americanos Margaret Geller y John Huchra, descubrieron la mayor estructura

cósmica coherente conocida hasta la fecha. Se trata de una concentración galáctica en una estructura aplanada en la que se han observado más de 2.000 galaxias, aunque realmente muchas más no se han detectado al ser demasiado débiles.

El nombre con el que popularmente se ha bautizado a este sistema galáctico es el de "Gran Muralla". Tiene una extensión de 400×1.100 millones de años luz y una anchura típica no mayor de 33 millones de años luz. Estas estructuras, semejantes a enormes membranas plegadas en el vasto espacio cósmico, son relativamente frecuen-

tes, pero ésta es, sin duda, la más grande observada hasta la fecha.

En los últimos años, diferentes astrónomos han demostrado que estas enormes estructuras formadas por cientos o miles de galaxias, dispuestas, ya sea en sistemas más o menos aplanados o bien, a lo largo de enormes filamentos, coexisten con grandes zonas prácticamente vacías de materia luminosa. Estos vacíos, con diámetros que alcanzan los 330 millones de años luz, son una de las características más importantes de la estructura a gran escala del Universo. El cuadro se completaría diciendo que en las paredes de esos vacíos es donde se encuentran la mayor parte de las galaxias. A esta imagen se la conoce como el "Universo de burbujas".

El descubrimiento de la nube de hidrógeno fue más o menos casual, ya que ocurrió mientras los astrónomos utilizando el radiotelescopio de 305 m de Arecibo, descubrieron algo inesperado al tratar de calibrar el instrumental enfocando a una zona supuestamente vacía en el espacio. En cambio, el segundo de los descubrimientos al que hemos hecho referencia, es el resultado de un programa sistemático de investigación, realizado por el Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, que consiste en medir el desplazamiento hacia el rojo que sufren las líneas espectrales de la luz que nos llega de las galaxias.

Ese desplazamiento es proporcional a la velocidad con la que cada galaxia se aleja de nosotros. Este efecto es semejante al que explica porque cuando un tren se aleja a gran velocidad el sonido de su pitido se hace más grave que el que oíríamos si viajáramos en él. Además, cuanto mayor es la velocidad de recesión de una galaxia, mayor es la distancia que la separa de nosotros.

Esto fue descubierto por Hubble en 1929 y constituye la clave del posterior desarrollo de la idea de un Universo en expansión que culminó con la teoría del "big bang". En resumen, si conocemos el desplazamiento hacia el rojo de la luz que llega al telescopio desde una galaxia, podremos estimar a qué distancia se encuentra. Dado que, además se conocen las dos posiciones angulares que determinan su situación en la esfera celeste, tendremos un catálogo tridimensional de la distribución de las galaxias en el espacio.

Las galaxias que viajan en un Universo en expansión, se mueven además debido a la influencia gravitatoria de otros sistemas galácticos próximos. Las velocidades peculiares son las debidas a este tipo de movimientos. Un equipo de siete astrofísicos, apodados por la comunidad científica como los "siete samurais" han estudiado detalladamente los movimientos peculiares de alrededor de 400 galaxias elípticas.

Sus conclusiones han revelado la posible

existencia de un "Gran Atractor" a unos 280 millones de años luz. Efectivamente, Alan Dressler, Sandra Faber, David Burstein, Roger Davies, Donald Lyden-Bell, Roberto Terlevich y Gary Wegner postulan la existencia de una concentración de materia de 54.000 billones de masas solares en una dirección en la que es difícil la observación directa, ya que se encuentra demasiado cerca del plano que forma la Vía Láctea, nuestra propia galaxia.

Ese "Gran Atractor" sería el responsable del movimiento peculiar en la misma dirección, de casi todas las galaxias estudiadas por los "siete samurais". Es interesante señalar que la masa del "Gran Atractor" y la de la "Gran Muralla" son comparables y su valor es diez veces más grande que la del Supercúmulo Local (formado por un centenar de grupos y cúmulos de galaxias, que contiene el Grupo Local, al que pertenece nuestra galaxia y la de Andrómeda, y el gran cúmulo de Virgo).

También durante el pasado año se descubrió el objeto más alejado de nosotros que se conoce hasta la fecha. Se trata del quásar Q 1158 + 4635. Los quásars son objetos extremadamente brillantes y a la distancia a la que se supone que se encuentran, la radiación que nos llega hace pensar que están emitiendo la misma luz que emitirían mil galaxias normales, pero en un volumen tan

pequeño que se les conoce con el nombre de "casi-estrella".

El "redshift" (desplazamiento hacia el rojo) al que se encuentra el quásar descubierto por Donald Schneider, Maarten Schmidt y James Gunn es $z = 4,73$. Esto significa que la luz emitida por este objeto y que observamos hoy se emitió cuando la edad del Universo era tan sólo el 7 por ciento de su edad actual. Si este quásar fuera el núcleo de una galaxia, su observación implicaría una cota para la época de formación de galaxias.

Radiación de fondo de microondas

A ésta han seguido otras detecciones que aportan nuevos datos al problema de la formación de galaxias. En las últimas semanas se están dando a conocer las primeras informaciones que el satélite COBE (Cosmic Background Explorer) está revelando. Este satélite está estudiando la radiación de fondo de microondas, que es sin duda la "reliquia" más antigua que podemos observar de nuestro Universo. Alrededor de 200.000 años después del "big bang", el Universo alcanza un instante en el que materia y radiación, que hasta entonces interactuaban conjuntamente, se desacoplan. Anteriormente, el Universo era demasiado denso y los fotones chocaban continuamente con la materia (Universo "opaco"). A partir de este

momento (instante del desacoplo), los fotones se escapan libremente (Universo "transparente").

Esa radiación fue la que detectaron Arno Penzias y Robert Wilson, gracias a lo cual recibieron el premio Nobel de Física en 1978. Las primeras revelaciones del COBE suponen un espaldarazo muy importante a la teoría del "big bang", pues la radiación se ajusta a la de cuerpo negro a la temperatura de 2.735 ± 0.06 K, con mucha más perfección que las medidas realizadas desde observatorios terrestres. Además, puede que la intensidad de esta radiación es más isotrópica de lo que se suponía.

Es decir, es la misma cualquiera que sea la dirección en la que se observe. Esto puede suponer un serio problema para la mayoría de las teorías de formación de galaxias, ya que se necesitan pequeñas fluctuaciones de densidad para originar la estructura que observamos. Estas fluctuaciones darían lugar a variaciones en la intensidad de la radiación de fondo en determinadas escalas angulares.

Los límites superiores que las observaciones permiten para estas anisotropías han ido bajando considerablemente en los últimos años, y los resultados de COBE parece que aún los reducen más. La reducción de estos límites ha llevado a sofisticar las teorías de formación de galaxias, para hacerlas compatibles con esas observaciones. Los resultados

de COBE podrían implicar que se confirma definitivamente la teoría del "big bang" pero hay dudas sobre los modelos de formación de galaxias y sus agrupamientos.

En los primeros meses de este año se ha presentado otro hecho observacional que ha vuelto a dejar a los cosmólogos perplejos. Cuatro prestigiosos astrofísicos, T. Broadhurst, Richard Ellis, David Koo y Alex Szalay, publicaron a finales de febrero los resultados de analizar dos catálogos de galaxias situados en las direcciones del Polo Norte y Sur Galáctico, respectivamente. Estos catálogos se caracterizan por ser muy estrechos en área, menos de un grado cuadrado y muy profundos en escala lineal, 7.000 millones de años luz.

El análisis de estos estrechos conos han revelado la existencia de estructura en la distribución de galaxias, a una escala en la que cabía esperar más homogeneidad. Pero lo realmente sorprendente es que la distribución de galaxias en estas muestras presenta concentraciones a distancias regulares de 835 millones de años luz y este valor es el mismo tanto si se observa en la dirección del Polo Norte Galáctico como en la del Polo Sur. Si esta periodicidad se repitiese en otras direcciones, los cosmólogos se encontrarían ante el hecho más difícil de explicar que han producido las observaciones en los últimos años. ●