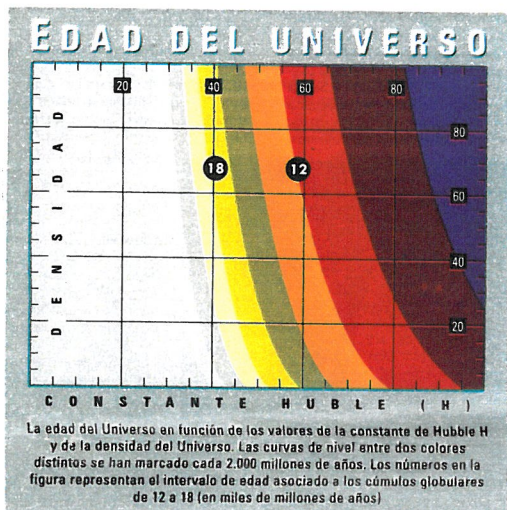


El Hubble desvela los movimientos del cosmos

Los años del cosmos



LA VANGUARDIA

VICENT J. MARTÍNEZ

La teoría del "big bang" predice un universo con una edad finita, que normalmente se sitúa entre 10.000 y 20.000 millones de años. Como muestran estas cifras, el grado de incertidumbre es de un factor 2, lo cual roza lo inaceptable para una teoría científica. En los últimos años, los esfuerzos y medios empleados en tratar de precisar esa edad han sido muy importantes y han influido notablemente en el desarrollo de la cosmología moderna. Además, conocer el parámetro que determina la edad del universo nos informará también de la distancia que nos separa de las galaxias remotas. Resulta, pues, razonable que un objetivo clave de uno de los proyectos más ambiciosos de la observación astronómica de esta década (la puesta en órbita del telescopio espacial Hubble) fuese medir el parámetro cosmológico que determina las escalas de distancias y, en parte, la edad del universo.

¿De qué parámetro se trata? El astrónomo americano Edwin Hubble demostró, en 1929, que las galaxias de nuestro entorno se alejaban de la Vía Láctea con una velocidad de recesión (v) que es proporcional a la distancia (d) que las separa de nosotros. La ley de Hubble, que tiene la sencilla expresión $v=Hd$, se ha podido verificar para distancias mu-

VICENT J. MARTÍNEZ, profesor titular del departamento de Astronomía y Astrofísica, Universitat de València

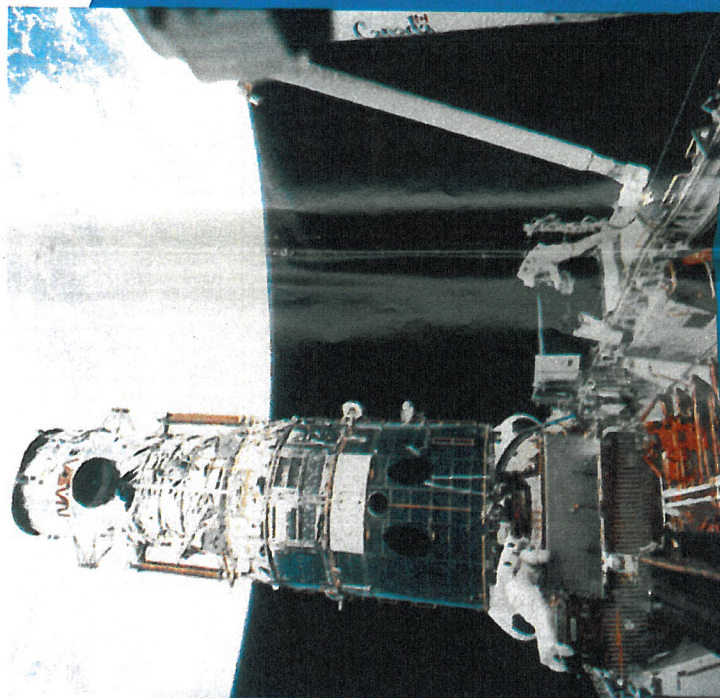
cho más grandes que las que utilizó Hubble para su deducción. La constante H es el parámetro cosmológico al que nos referimos.

Si las galaxias se alejan unas de otras con el paso del tiempo es razonable pensar que años atrás se encontraban más juntas, e incluso que quizá se encontrase toda la materia del universo en un mismo lugar. Esta simple idea contribuyó, sin duda, al desarrollo de la teoría del "big bang" en la década de los treinta por Georges Henri Lemaitre y en la de los cuarenta por George Gamow y sus colaboradores.

Determinar la distancia

Si somos capaces de medir la velocidad de recesión, la ley de Hubble nos permitirá determinar su distancia, siempre que conozcamos el valor de H . La constante de Hubble H se expresa en unidades de velocidad por unidad de distancia; para la velocidad se suelen utilizar los km / segundo y para la distancia los Megaparsecs (1 Mpc= 3,26 millones de años luz). En esas unidades, el valor de H se sitúa entre 50 y 100. Y el factor 2 de incertidumbre se trasladará a la edad del universo.

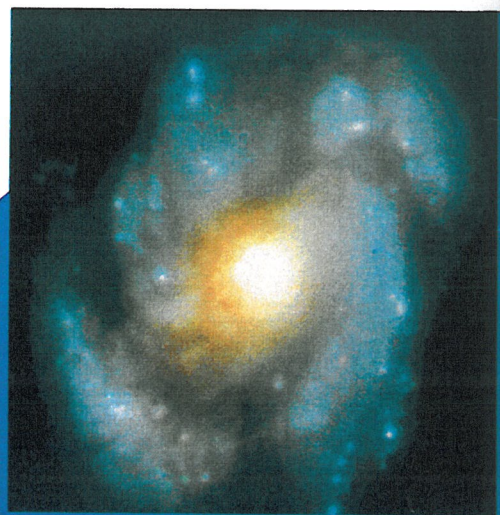
El espectro de la luz recibida de cada galaxia se está moviendo hacia el rojo. Este desplazamiento se debe al efecto Doppler, que explica también cómo varía la frecuencia del sonido del pitido de un tren cuando se aproxima o se aleja. Medir el desplazamiento hacia el rojo de la luz que nos llega de una galaxia nos permite conocer la velocidad a la que



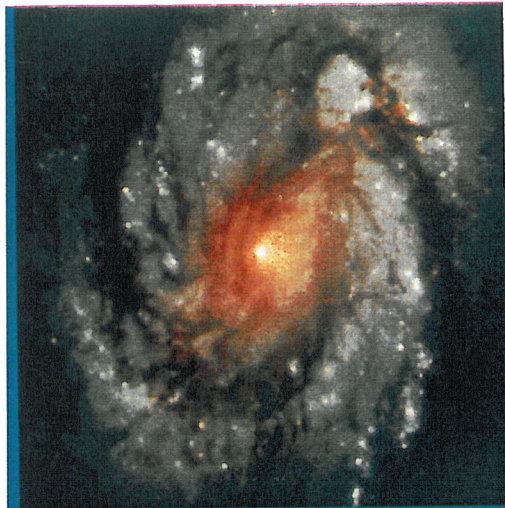
Los astronautas Musgrave y Hoffman instalan la nueva cámara en el telescopio espacial Hubble que permitió corregir la "miopía". Actualmente, investigadores estadounidenses diseñan unos nuevos "ojos" para el Hubble (foto: JPL, NASA)

se distancia. Pero la constante del universo nos proporciona más información. En efecto, si conocemos la constante de Hubble H —tendremos una idea del ritmo al que se expande el universo. Si hubiese sido siempre el mismo, la edad del universo sería el tiempo que ha transcurrido desde que dos galaxias inicialmente juntas se han separado hasta encontrarse actualmente a distancia d .

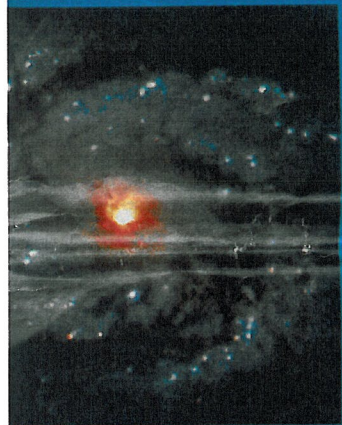
El tiempo necesario será igual a la distancia que las separa dividida por la velocidad a la que se alejan una de otra. Es un cálculo familiar, igual al que empleamos para calcular las 10 horas de tiempo necesarias para recorrer los 350 km que separan Valencia y Barcelona a veloci-



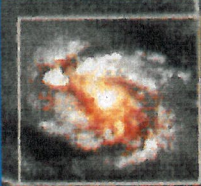
Fotografía de un cúmulo de Vía Láctea, en el estado obtenido por Hubble de la Norteamérica de distinguir una galaxia de 56 millones de la galaxia y revela zona formando est



A la izquierda, fotografía de la galaxia M100 en el cúmulo de Virgo facilitada por el Jet Propulsion Laboratory de California y en la que aparece la galaxia vista por el Hubble antes de la instalación de la cámara corregida. A la derecha, centro de la galaxia M100 una vez se instaló la cámara



La galaxia M100 en el cúmulo de Virgo facilitada por la observación pública del Jet Propulsion Laboratory (JPL), situado en California. La imagen tomada por el telescopio espacial Hubble (NASA) es capaz de mostrar estrellas individuales en un núcleo que está a una distancia de 50 millones de años luz. El núcleo se muestra ampliado y donde se están formando nuevas estrellas.



dad constante de 35 km / h. A partir de la ley de Hubble es obvio que podemos calcular la edad del universo como la inversa de la constante de Hubble: $t = 1/H$. Por tanto, determinar H nos informa sobre lo viejo que es el universo: los valores grandes de H corresponderán a un universo relativamente joven, mientras que los valores más pequeños indican mayor edad. Los valores mencionados anteriormente una edad de 20.000 y 10.000 millones de años, respectivamente, la "edad de Hubble".

No obstante, el ritmo al que se están separando las galaxias no es constante, sino que se desacelera con el paso del tiempo. Efectivamente, si la expansión

es el resultado de la gran explosión, la materia que participa de la expansión se ve frenado por la atracción de la gravedad. No sabemos con certeza si la gravedad será capaz de frenar por completo la expansión, ya que depende exclusivamente de la cantidad de materia del universo. Para entender este proceso podemos pensar en lo que le ocurre a una piedra cuando la lanzamos al espacio: su velocidad irá disminuyendo hasta detenerse cuando cae. Si la velocidad que se le imprime es suficientemente grande (superior a 11,2 km / s), conseguiremos que escape de la atracción gravitatoria de la Tierra; la piedra se alejará continuamente (si no hubiese atmósfera). Si la fuerza gravitatoria la crea un cuerpo de mayor masa (como Júpiter, por ejemplo) será necesario imprimir una velocidad mucho mayor a la piedra para que pueda escapar de su atracción gravitatoria.

La materia oscura

Del mismo modo que hay una velocidad de escape asociada a cada planeta en función de su masa, existe una densidad crítica que separa los modelos cosmológicos abiertos en los que el universo está siempre en expansión, de los cerrados a los que, después de la fase actual de expansión, seguirá una contracción en la que toda la materia volverá a colapsarse. Con la materia visible de todas las galaxias juntas sólo tendríamos alrededor del 1% de la masa necesaria para frenar la expansión del universo. No obstante, hay evidencias de la existencia de materia oscura, que no vemos, pero cuyo efecto gravitatorio en los movimientos de las estrellas en galaxias y de las galaxias en cúmulos de galaxias podemos notar.

Teoría de la inflación

Actualmente, el modelo cosmológico estándar basado en la teoría de la inflación predice una densidad exactamente igual a la densidad crítica. El tipo de materia que se supone contribuye a adquirir esta densidad es "exótica", y su existencia está pendiente de confirmación en los laboratorios de física de altas energías. Con la desaceleración que experimenta la expansión del universo, es fácil entender que la "edad de Hubble" no es más que un límite superior de la edad real. En el caso de la edad del universo, la velocidad de expansión se ralentiza más cuanto mayor es la densidad de la materia; por tanto, grandes valores de la densidad proporcionan edades menores que las que se obtendrían con

densidades más pequeñas. La edad del universo está en función del valor de la constante de Hubble y del valor de la densidad de materia real.

El 27 de octubre pasado apareció un artículo en la revista "Nature" publicado por Wendy Freedman y colaboradores en el que se daba una medida de la constante de Hubble, realizada a partir de observaciones con el telescopio espacial.

El método es sencillo: se trata de medir la distancia a una galaxia suficientemente lejana para que su velocidad de recesión no se vea demasiado afectada por posibles movimientos ajenos al flujo de Hubble, como las velocidades peculiares producidas por la acción gravitatoria de galaxias vecinas. Una vez se ha medido la distancia a esa galaxia lejana, basta dividir la velocidad a la que se aleja por la distancia a la que se encuentra para hallar el parámetro de Hubble.

Con este objetivo, el equipo de investigación, dirigido por Freedman, apuntó con el telescopio espacial a algunas estrellas situadas en la galaxia M100 del cúmulo de Virgo. El objetivo era determinar la distancia a esa galaxia con precisión. El método se basa en la variabilidad de la luminosidad de un tipo de estrellas llamadas Cefeidas.

Luminosidad aparente

El brillo que observamos en las estrellas depende obviamente de la cantidad de radiación que emiten y de la distancia a la que se encuentran. Por ejemplo, veremos brillar menos una estrella que emita mucha radiación pero que se encuentre muy alejada de la Tierra, que otra que tenga menos luminosidad intrínseca pero que se encuentra más cerca. Resulta fácil entender que, conociendo cuál es la luminosidad propia de una estrella, su observación, en la que determinamos su luminosidad aparente, nos permite estimar la distancia a la que se encuentra. Las estrellas Cefeidas presentan una luminosidad variable con el transcurso del tiempo. El período de variación va de algunos días a algunas semanas. Leavitt encontró una relación entre el período de variación y la luminosidad de la estrella: períodos de tiempo más largos para completar un ciclo de variabilidad corresponden a estrellas más brillantes. Con esta relación se han calibrado distancias a muchas estrellas en nuestra galaxia y en galaxias vecinas. Pero ha sido necesaria la utilización del telescopio espacial y de las nuevas generaciones de telescopios terrestres para empezar a medir distancias a galaxias mucho más lejanas. ●

El cúmulo de Virgo

■ El cúmulo de Virgo es una agrupación de 2.500 galaxias que se encuentra lo suficientemente lejos como para poder utilizar su velocidad de recesión, superior a 1.000 km / s, en la determinación de H . Al mismo tiempo, está lo bastante cerca para identificar estrellas individuales en algunas de sus galaxias. Una de estas galaxias es la M100, cuya espléndida imagen se puede observar en las fotografías realizadas por el Hubble antes y después de la corrección de su óptica. La medición de Freedman se ha realizado a partir de algunas estrellas Cefeidas observadas en esta galaxia. En la fotografía que hizo Freedman se puede observar la variabilidad en el brillo de las Cefeidas estudiadas. Se ha determinado la distancia y a partir de ella la constante de Hubble, obteniendo un valor de

80 (con un error estimado del 21%). Este valor de H proporciona edades del Cosmos del orden de 8.000 millones de años para valores de la densidad iguales a la crítica. Pero estos valores entran en contradicción con un hecho elemental. Es obvio que la edad del universo ha de ser superior a la edad de los objetos astronómicos que contiene. La edad de los cúmulos globulares —las estructuras más viejas de nuestra galaxia— se puede determinar a partir de la teoría de la evolución estelar. Los cúmulos globulares son grandes condensaciones esféricas formadas en ocasiones por más de un millón de estrellas. Su edad se cifra entre los 12.000 y los 18.000 millones de años, y se entiende por intervalo el margen de error que va asociado a la teoría.