

El futuro del universo

¿Cómo juega: abierto, o cerrado?

MIGUEL ÁNGEL HERRERA*

Expansión

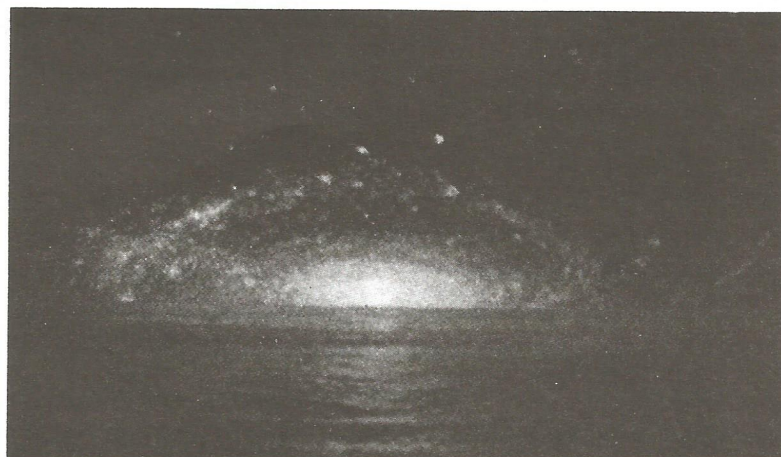
Uno de los descubrimientos más inesperados de nuestro siglo fue, sin duda, el de la expansión del universo. Cuando el astrónomo estadounidense Edwin Hubble comenzó a detectar —hace apenas poco más de 60 años— que las galaxias se alejan unas de otras, nadie lo podía creer; y es que semejante situación no se les había ocurrido ni siquiera a los autores más audaces e imaginativos de ciencia ficción. Pero el hecho observacional estaba ahí; prácticamente todas las galaxias cuyos movimientos se habían podido medir se estaban alejando de la nuestra, y como no hay razón para suponer que estamos en un lugar privilegiado del universo, la única explicación posible era que el universo entero se estaba expandiendo.

Observaciones posteriores confirmaron el fenómeno, y hoy en día ya no tenemos duda: el universo se está expandiendo. Ante este hecho, surge inmediatamente la pregunta: ¿Continuará esta expansión para siempre, o se detendrá algún día? Una manera de conocer la respuesta sería esperar unos cuantos cientos de miles de millones de años para “ver qué pasa”, pero como nadie vive eternamente, este método deja mucho qué desear. Otra manera de res-

ponderla, mucho más rápida e inteligente, es recurrir a la teoría, y eso es exactamente lo que haremos.

Gravitación vs. velocidad

Es evidente que sólo existen dos posibles “futuros” para nuestro universo: o la expansión se detiene algún día, o continúa para siempre. Para entender qué es lo que determina cuál de los dos caminos tomará nuestro universo, veamos una analogía muy sencilla. Todos sabemos que si se lanza una piedra hacia arriba, la piedra llega hasta una cierta altura y luego cae al suelo. La piedra cae porque la Tierra la “jala” con una fuerza que los físicos llaman fuerza de gravedad. Desde luego que la fuerza de gravedad no actúa solamente sobre las piedras, actúa sobre todos los objetos, sobre los libros, los balones de fútbol, sobre los aviones y sobre nosotros mismos. La llamamos “peso”, y es la fuerza que nos mantiene pegados a la Tierra y



Pintura de Adolf Schaller que muestra una hipotética visión de la Vía Láctea amaneciendo sobre un océano de otro mundo.

*Instituto de Astronomía, UNAM

que evita, por ejemplo, que una persona que vive en el Polo Sur se "caiga" —esto es, que salga despedida al espacio.

La fuerza de gravedad no se presenta solamente en la Tierra; se presenta entre cualquier par de objetos del universo. Dicho en otras palabras, todos los objetos del universo se atraen entre sí; el Sol atrae a los planetas (por eso no se escapan al espacio, sino que giran alrededor de él), las estrellas atraen a las demás estrellas y las galaxias, en fin, también atraen a todas las demás galaxias. Por esta razón, el gran físico inglés Isaac Newton llamó a este fenómeno *gravitación universal* cuando los descubrió, a mediados del siglo XVII. Los estudios de Newton revelaron que la fuerza de atracción gravitatoria entre dos objetos cualesquiera es mayor cuanto mayor sea la cantidad de materia de los objetos o, como dicen los físicos, cuanto mayores sean sus masas. La atracción gravitatoria entre dos elefantes, por ejemplo, es mucho mayor que la atracción gravitatoria entre dos moscas, ya que la masa de los elefantes es mucho mayor que la de las moscas.

¡Volvamos ahora al ejemplo de la piedra lanzada hacia arriba. Es claro que entre más fuerte la lancemos, más alto llegará. Esto nos indica que el comportamiento de la piedra no está determinado solamente por la gravedad, sino que también influye la velocidad con que la lanzamos. De hecho, la altura a la que llega antes de empezar a caer es el resultado de una lucha entre dos fenómenos físicos opuestos: la gravedad, por un lado, que la "jala" hacia abajo, y su velocidad, por el otro, que la "empuja" hacia arriba. Dependiendo de cuál de los dos "gane", la piedra caerá o seguirá subiendo para siempre. ¡Un momento!, dirá el lector, las piedras *siempre* vuelven a caer, o sea que siempre gana la gravedad. En efecto, cuando un ser humano tira una piedra hacia arriba siempre



Las Pléyades en la constelación de Tauro. Las estrellas más brillantes, situadas a unos 400 años luz de distancia, recibieron de los antiguos griegos el nombre de las hijas de Atlas.

gana la gravedad, pero ello se debe a que nuestros músculos no son capaces de comunicarle a la piedra una velocidad suficientemente grande para que venza a la fuerza gravitacional. Si consiguiéramos darle a la piedra —o a cualquier otro objeto— una velocidad "hacia arriba" de 11.2 kilómetros por segundo, ese objeto no volvería a caer. Las sondas espaciales que han ido a otros planetas, por ejemplo, tuvieron que ser aceleradas hasta esa velocidad para que pudieran salir de la Tierra.

La velocidad que hay que comunicarle a un objeto para que se aleje indefinidamente de un cuerpo dado se llama "velocidad de escape", y es mayor cuanto mayor sea la masa del cuerpo del cual se desee escapar. La velocidad de escape del Sol, por ejemplo, es de más de 600 kilómetros por segundo, mucho mayor que la de la Tierra, debido a la diferencia de masas.

¿Cerrado, o abierto?

¿Qué tiene qué ver todo lo anterior con el futuro del universo? Basta con pensar un poco para encontrar la respuesta. El universo se está expandiendo con cierta velocidad y al mismo tiempo está siendo frenado por la atracción

gravitatoria de la materia que lo constituye. Que la expansión continúe o se detenga depende de quién "gane": la gravitación, o la velocidad. Si gana la fuerza gravitatoria, la expansión se detendrá; de lo contrario, continuará para siempre. Es evidente la analogía con el caso de la piedra lanzada hacia arriba: si la velocidad de expansión es menor que la velocidad de escape correspondiente a la masa del universo, entonces la expansión se detendrá al llegar a una cierta "altura máxima" (o sea, un tamaño máximo) y después se invertirá, convirtiéndose en una contracción (esto es, el universo se "caerá" sobre sí mismo), de lo contrario, el universo se expandirá para siempre. En el primer caso se dice que el universo es *abierto* y en el segundo, que es *cerrado*.

Si el universo es cerrado —esto es, si gana la gravedad— la expansión se detendrá eventualmente dentro de cientos de miles de millones de años (el momento exacto en que se detenga

depende de su masa total, asunto al que regresaremos más adelante). Para entonces no existirán ni la Tierra ni el Sol ni la mayor parte de las estrellas que ahora vemos. Abundarán, en cambio, otros objetos astronómicos que hoy son muy raros, como las enanas blancas, las estrellas de neutrones y los agujeros negros, ya que éstos son el resultado de la muerte de las estrellas "normales". A partir de este momento se iniciará una contracción que podrá observarse como un acercamiento continuo de las galaxias unas a otras. La radiación que puebla al universo se concentrará cada vez más pues el volumen de éste disminuirá, lo que hará que el cielo se vuelva brillante y caliente tanto de noche como de día. La temperatura aumentará sin cesar y, eventualmente, se llegará a un estado prácticamente idéntico al que existió cuando se inició la gran explosión.

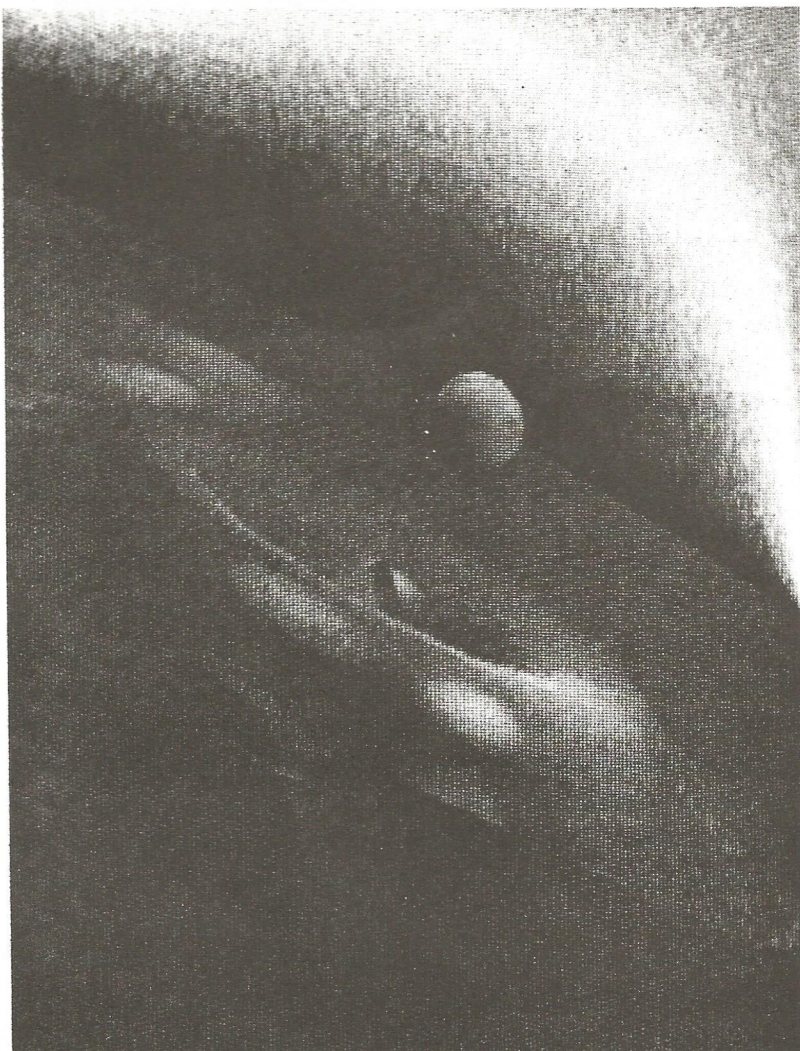
Después de este momento, nadie sabe qué pasará. Podría ser que el universo se quedara



Nebulosa Trífida en la constelación de Sagitario, a varios miles de años luz de distancia. La mayoría de las estrellas visibles en esta fotografía están situadas entre la nebulosa y nosotros.

así, concentrado en un volumen pequeñísimo, en cuyo caso todo habría terminado, o podría ser que se reiniciara la expansión —esto es, que hubiera otra gran explosión— en cuyo caso la historia volvería a empezar. Por desgracia, la ciencia actual no permite, aún, decidir entre estas dos posibilidades.

Si el universo resulta ser abierto, su evolución futura será más simple pero, también, más triste. La expansión no se detendrá jamás, el universo se irá enfriando poco a poco, las estrellas morirán y, más tarde, también sus "cadáveres" (enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros) se apagarán o se esfumarán en increíbles explosiones (como en el caso de los agujeros negros) hasta dejar un universo muerto y frío expandiéndose sin cesar por toda la eternidad.



(Dibujo por computadora de Norberto Pinelo)

El futuro del universo

Ha llegado el momento de decir cuál de las dos posibilidades es la que seguirá nuestro universo. Parecería ser que la respuesta es fácil de encontrar; basta con calcular su masa total, ver a qué velocidad de escape corresponde y comparar esta última con la velocidad observada de la expansión. Sin embargo, la situación no es tan sencilla. Se han sumado las masas de todas las galaxias que observamos y el resultado es que la masa del universo (calculada de esta manera) es entre 10 y 100 veces más pequeña de la que debería ser para que el universo fuera cerrado. Pero, por otro lado, sabemos que hay

masa en el universo que no podemos ver, y que ésta podría ser de 10 a 100 veces mayor de la que sí observamos.

En resumen, de la masa observada se deduce que el universo es abierto, lo cual no le gusta a nadie, y de la masa deducida a través de ciertas observaciones se concluye que podría ser cerrado. La respuesta final aún está por darse. Todo depende de que los avances tecnológicos y científicos nos permitan determinar con precisión la masa total —la que vemos y la que no vemos— de nuestro universo. Todos quisiéramos conocer la respuesta final lo más pronto posible, pero sólo el tiempo dirá si lo conseguiremos en esta generación.