

## Ah, ¿pero el Universo es plano?

CAYETANO LÓPEZ

Al parecer, el Universo es plano. Tal es la sensacional noticia que han dado los medios de comunicación en las pasadas semanas. Es posible que a algunos les haya venido a la mente el debate acerca de si la Tierra es plana o no, un problema cuya solución estaba ya clara para los filósofos de la Grecia clásica y que parece definitivamente zanjado hasta para el más escéptico. La Tierra es redonda, y cualquier pretensión de "planitud" sería tenida en nuestros días por delirio irresponsable o por deseo de llamar la atención. Muchos han pensado, sin embargo, que lo que los científicos dicen haber descubierto es que el Universo está como aplastado y ofrece a un hipotético observador extremo una imagen parecida a la de una hoja de papel, un disco o una tabla, objetos planos comunes en la vida cotidiana. Pero si los científicos hubieran descubierto tal cosa no habría que tomarles demasiado en serio porque la experiencia personal, directa y a través de las imágenes de la exploración espacial, no parece compatible con un mundo sin espesor sobre el que tendríamos que reptar para desplazarnos de un sitio a otro.

El problema, creo, está en el término "plano", que es el que han utilizado los científicos, pero que no quiere decir, en este contexto, exactamente lo mismo que en el lenguaje ordinario. Y me temo que muchos de los que han transmitido la noticia, o se refieren a ella en los medios, tampoco acaban de verlo muy claro y se limitan a mencionar titulares y textos literalmente, con exquisito cuidado en no interpretar demasiado ni elaborar sobre lo que el dichoso adjetivo pudiera significar.

Una superficie, que es un mundo en dos dimensiones, puede ser plana, como una hoja de papel infinitamente grande, sin bordes, o puede ser curva, como una esfera, que tampoco tiene bordes, pero tiene un área finita. Para nosotros, que vivimos en un espacio de tres dimensiones, es evidente la diferencia entre una y otra, pero cabe preguntarse si a esa conclusión podrán llegar tan fácilmente los hipotéticos organismos, aplastados como lenguados, que habitaran en la superficie y no pudieran tener noticia del mundo tridimensional en el que están embebidos. Pues bien, la respuesta es afirmativa. Los seres bidimensionales podrían decidir si su Universo es plano o curvo en base a experimentos hechos sin salir de él. Les bastaría comprobar si se cumplen los postulados de la geometría de Euclides o sus consecuencias. Así, podrían trazar líneas rectas, que serían las de menor longitud entre dos puntos contenidas en su mundo, y ver si las paralelas se cortan alguna vez o no se encuentran nunca; o si la suma de los ángulos de un triángulo es igual a dos ángulos rectos, por ejemplo. Es evidente que los habitantes del plano encontrarán que su mundo se ajusta exactamente a la geometría de Euclides, pero los habitantes de la superficie esférica llegarán a una conclusión diferente. Dos líneas "rectas" inicialmente paralelas se encontrarán tarde o temprano en un punto, siendo ese punto uno de los polos en el caso de los meridianos terrestres. Su geometría no es la de Euclides y así podrían saber, sin ayuda de ningún ser externo, que el espacio en el que viven es curvo. La desviación de la geometría plana será tanto mayor cuanto más grandes sean las dimensiones

de las figuras que tracen en comparación con el radio de la esfera, que es el parámetro que especifica su grado de curvatura. Así, las líneas trazadas sobre la superficie terrestre parecen ajustarse exactamente a la geometría "plana" si su longitud es mucho menor que el radio de la Tierra, que es lo que sucede en la mayoría de las actividades humanas que requieren medir distancias y lo que sirvió de inspiración a los geómetras griegos.

En el mundo en tres dimensiones en el que vivimos, es posible definir la curvatura de una forma análoga al caso de las superficies sólo que ya no nos resulta intuitiva. La razón es que nosotros somos seres también con tres dimensiones y vivimos dentro de este espacio. No podemos saltar a una cuarta dimensión y contemplar "desde fuera" nuestro mundo como contemplamos una superficie en el nuestro. Así que tenemos que recurrir a experimentos internos para saber cuál es la geometría del Universo. Un experimento hipotético sería lanzar dos rayos de luz paralelos, que se mueven según "rectas" en el espacio, y comprobar si se encuentran alguna vez o permanecen paralelos indefinidamente. Sabemos que los rayos de luz se curvan en las cercanías de una masa, por ejemplo, cuando pasan cerca de una estrella, así que para determinar la geometría global del espacio tendríamos que descontar esas desviaciones locales. Si los rayos de luz siguen indefinidamente paralelos, la geometría del Universo es euclídea o plana. En este contexto, el término "plano" no se refiere a las características de una superficie, como ocurre en el lenguaje coloquial, sino a las propiedades geométricas de un espacio en tres dimensiones. Quizá el maestro Lázaro Carreter podría apuntarnos con uno de sus dardos y sugerir algún término que significara lo mismo, pudiera usarse coloquialmente y no moviera a confusión.

Einstein demostró en 1915, en su teoría de la Relatividad General, que la geometría está íntimamente relacionada con la cantidad de masa y energía presente en el Universo. Y estaba convencido, además, de que no era plano, sino que tenía que curvarse, como una superficie esférica se curva en dos dimensiones, porque era lo único compatible con un Universo con masa y energía en su interior y estático, es decir con propiedades globales constantes en el tiempo, en el que creía firmemente. Pero en 1929, Edwin Hubble descubrió que el Universo está en expansión, de forma que las ecuaciones de Einstein eran compatibles ya con cualquier geometría, dependiendo de la relación existente entre la velocidad de expansión y la densidad de masa y energía. Durante decenios se ha intentado medir los parámetros cosmológicos que determinan la geometría del espacio sin llegar a una solución definitiva. Hay teorías, todavía no confirmadas, como la inflación cósmica que pudo tener lugar en los primeros instantes tras el Big Bang, que favorecen la solución de un Universo plano, con geometría euclídea salvo perturbaciones locales; pero no dejan de ser teorías. Lo importante es lo que dicen los datos. Con la reciente puesta en funcionamiento de instrumentos de observación muy potentes, entre ellos el telescopio espacial *Hubble*, se ha podido medir la densidad global de materia y energía, incluyendo eso que llamamos materia oscura, que no es más que materia que no vemos porque no emite ni refleja luz con intensidad suficiente para que sea detectada, pero que se manifiesta a través de su interacción gravitatoria con materia que sí vemos. Y el resultado

es que, combinando las mediciones sobre la materia existente y la velocidad de expansión, la curvatura tendría que ser distinta de cero.

Nuestro Universo sería, pues, curvo, se expandiría indefinidamente y dos rayos de luz inicialmente paralelos divergirían. Pero hace dos años se detectó un efecto extraordinario: contra todas las expectativas, la expansión cósmica parece acelerarse en lugar de frenarse, como sería natural debido a la atracción gravitatoria de la materia presente en el Universo. Este dato parece derivarse de una propiedad básica del espacio cuyos efectos se manifiestan a través de un término, llamado constante cosmológica introducido por Einstein para poder describir con sus ecuaciones el Universo estático en el que creía, pero desechado después, por innecesario, al descubrirse que estaba en expansión. Si se tiene en cuenta de nuevo la constante cosmológica, sugerida por la aceleración con que se alejan unas galaxias de otras, y se incorporan todos los datos experimentales disponibles, entonces la curvatura del espacio resulta ser compatible con cero, es decir, con la "planitud". Esa misteriosa energía contenida en el espacio vacío y representada por la constante cosmológica se añade a la materia y energía "ordinarias" para compensar, con bastante exactitud, el efecto de la expansión sobre la geometría.

Las observaciones más recientes, que están en la raíz de las noticias de los periódicos, han sido realizadas con ayuda de globos aerostáticos que suben telescopios a la alta atmósfera para aumentar su precisión. En el primero de los experimentos, llamado Boomerang, el globo transportó a unos 40 kilómetros de altura sobre la Antártida un telescopio sensible a las microondas, que es radiación electromagnética menos energética que la luz visible. El motivo de esta elección es que la componente principal de la radiación cosmológica de fondo que baña todo el Universo, y que es una reliquia de los primeros tiempos tras el Big Bang, se sitúa en el rango de frecuencias de las microondas. Ahora bien, en los detalles de esa radiación fósil está impresa la historia temprana y las propiedades más básicas del Universo, y los resultados de la observación parecen confirmar los modelos que implican una geometría del Universo euclídea.

Nadie tema, pues, verse obligado a elegir entre la idea de que los científicos han enloquecido repentinamente y afirman cosas a todas luces inciertas, o bien que llevan razón y estamos abocados a la incomodidad de vivir sobre una superficie plana sin poder elevarnos ni elevar la vista sobre ellas. Nuestro universo es plano, sí, pero notablemente ancho en las tres dimensiones del espacio.

**Cayetano López** es catedrático de Física de la Universidad Autónoma de Madrid.

**El País, 24 de mayo de 2000**