

## **El tiempo y el espacio**

Julieta Fierro

**E**l universo es todo, tiempo, materia, espacio y energía. Sus dimensiones temporales y espaciales son mucho más grandes que las que empleamos en nuestra vida cotidiana. Nos dicen de dónde venimos, hacia dónde vamos y dónde nos ubicamos. En este texto explicaremos cómo surgió la cuenta del tiempo basada en eventos astronómicos y del tiempo y el espacio del cosmos. Asimismo, comentaremos sobre las fronteras que se han abierto gracias a la cosmología: la energía y la materia oscuras, las múltiples dimensiones y la gran diversidad de universos.

### **El calendario**

El tiempo del calendario se mide con eventos repetitivos, como los que efectúa un péndulo. Los eventos reiterativos por excelencia son los astronómicos. Se suceden uno tras otro los días y las noches, las fases de la luna y la época de lluvias y de secas. Salvo el sol, todos los mundos del sistema solar tienen un lado iluminado y otro en la oscuridad, es decir, tienen su lado día y su lado noche. En la Tierra, la línea del crepúsculo recorre el mundo en 24 horas, en la luna cada 29.5 días. De allí que usemos para la cuenta del tiempo los días y los meses de 30 días, en un intento de redondear el cielo con un calendario civil práctico.

La Tierra se desplaza en torno al sol con su eje de rotación inclinado, produciendo cambios de temperatura en los hemisferios norte y sur con la consecuencia, para México, de que se alternan la época de lluvia y de secas; esto nos remite a la cuenta del tiempo y nos proporciona la medida el año.

Tanto la posición del sol, como la del resto de las estrellas, se repite año con año durante la misma estación. La posición del sol naciente o poniente en el horizonte está tendido hacia el sur en la época de secas y se desplaza hacia el norte conforme llueve. En la época de cielos despejados se ven constelaciones distintas que entre las nubes de lluvia, porque la Tierra se encuentra en un sitio distinto de su órbita.

Redondeamos el número de días del año. En la antigüedad era de 360 días, igual que el número de grados en un círculo: justamente la Tierra se mueve en torno del sol más o menos un grado por día. Sobraban cinco días que solían ser de fiesta, se colocaban al final de la cuenta anual, en febrero, de allí que sea el mes de ajuste. A nuestro mundo le toma 356.2456 días completar una vuelta al sol, y por ello a febrero se le agregan días de vez en cuando.

El hecho de que se fraccione el tiempo en docenas no es casual, no sólo depende del número de meses. Tenemos doce falanges en los cuatro dedos largos de cada mano, si usamos al pulgar como marcador tendremos un ábaco portátil. Con el tiempo se puede no sólo sumar y restar usando las 12 falanges, sino multiplicar empleando ambas manos. Así en un año ideal de 360 días había 12 meses de 30 días, y cada uno de estos tenía alrededor de 12 horas de luz y 12 de oscuridad.

A lo largo de la historia el calendario se modificó. Julio César le agregó un día a su mes y le puso su nombre, lo mismo que Augusto. Carlo Magno decidió iniciar el año en enero, de allí que septiembre y diciembre ya no sean el séptimo ni décimo meses del año.

Los nombres de los días de la semana tienen un origen astronómico. Cada uno honra a un astro visible a simple vista que no es estrella. Miércoles viene de Mercurio y viernes de Venus. En inglés, el domingo es el día del sol. Todos ellos se desplazan de este a oeste sobre la banda del zodiaco.

### **El origen del universo**

Sabemos que el universo donde vivimos tuvo un origen porque observamos que se encuentra en expansión acelerada. Si medimos la velocidad de expansión podemos estimar cuándo estuvo compactado el espacio que le dio origen. Esto no significa que no pudo haber universos antes, otros después y otros en paralelo, es decir un megaverso compuesto de distintos universos.

La expansión del universo es necesaria para su existencia, ya que la fuerza de gravedad es la que domina en el cosmos. Todos los objetos se atraen unos a otros, al igual que la Tierra nos mantiene unidos a la superficie. Si los conglomerados estelares llamados galaxias no se alejaban entre sí, el cosmos correría el riesgo inminente de colapso, es decir se caería todo sobre sí mismo.

Nuestro universo se originó con una liberación de energía que se transformó parcialmente en materia común, como protones y electrones. Con-

forme se expandió, se enfrió a tal punto que se formaron nubes dentro de las que nacieron estrellas. Éstas evolucionaron formando nuevos elementos químicos que arrojaron al espacio durante sus muertes violentas. Las nuevas generaciones estelares reciclaron estos materiales hasta dar origen a los sistemas planetarios y a la vida como de la que formamos parte.

Nuestro universo se formó hace 14000 millones de años, el sistema solar hace 5 000 millones y la vida en la Tierra surgió hace 3 500 millones de años. El ser humano moderno surgió hace 120 mil años y la escritura hace 5 000, tiempos minúsculos comparados con la evolución cósmica. Durante los últimos siglos se ha desarrollado la ciencia moderna y la determinación del tiempo cósmico se pudo hacer hace tan sólo unas decenas de años, cuando se pudo medir la expansión del universo y crear la teoría de su expansión.

### **El espacio**

Un espacio es el que puede existir y otro es el que observamos. La astronomía se hace a distancia; se emplea la física que se ha desarrollado en la Tierra para analizar la luz que envían los astros y de allí inferir sus propiedades.

La luz viaja a una velocidad que resulta muy lenta en comparación con las dimensiones del cosmos. Aunque desde nuestro punto de vista 300 mil kilómetros por segundo es una velocidad inimaginable, para las distancias intergalácticas es minúscula. La luz de cualquier estrella tarda cientos de años en llegar a la Tierra y la de las galaxias millones de años. Es decir que el único presente que podemos observar es el de la Tierra. Toda la información del resto del cosmos tarda tanto tiempo en llegar que siempre observamos a los astros como fueron.

Existen cuerpos tan distantes que su luz no ha tenido tiempo de llegar hasta nosotros desde que se formaron, por eso no los podemos ver. No es que no estén allí, simplemente nacieron después de que la radiación de esa región del cielo haya tenido tiempo de alcanzarnos.

La velocidad finita de la luz tiene dos consecuencias para la astronomía. Por un lado siempre vemos a los objetos como fueron; entre más distantes estén observamos un pasado más remoto. Así, analizar objetos similares a distintas distancias es como ver un mismo astro en tiempos diferentes de su evolución. Por otro lado, no podemos ver el extremo del universo, porque su luz no ha tenido tiempo de llegar hasta nosotros. Si nuestro universo

fuera infinito sólo veríamos una sección minúscula de 14 000 millones de años luz de radio, es decir, el tiempo que ha tenido la luz de viajar desde la gran explosión hacia los distintos sitios. Una fuente de luz emite radiación en todas direcciones, así que diversos lugares del cosmos se percatan de su existencia en tiempos diferentes.

### **El espacio está plegado**

Cuando Newton desarrolló su teoría de la gravitación universal, sugirió que los cuerpos se atraían entre sí dependiendo de sus masas, entre mayor masa mayor atracción; por eso pesamos ocho veces más en la Tierra que en la luna. También notó que la fuerza de gravedad disminuye con la distancia; entre otras cosas, por eso no percibimos el mismo jalón gravitacional que experimenta una estrella al acercarse a un hoyo negro. Newton, además, propuso que la atracción gravitacional era instantánea.

En cambio, Einstein descubrió que en realidad el espacio se curva en la presencia de cuerpos masivos y que los movimientos de los astros siguen la curvatura del espacio tiempo. Si lanzamos varias pelotas, efectivamente cada una sigue una trayectoria curva que depende de su velocidad e inclinación en el momento de lanzarla.

Así, si tomamos una hoja de papel que simula el espacio plano para llegar de un extremo de la hoja al otro podemos tomar la diagonal, pero si plegamos el papel y hacemos coincidir los extremos, podemos tomar dos recorridos distintos: la diagonal anterior ahora plegada o “el atajo” pasando directo de un extremo a otro. Si tomamos otra hoja de papel notaremos que tiene dos dimensiones, pero si la enrollamos como tubo muy apretado y la observamos a gran distancia veríamos una línea, la hoja simularía tener una dimensión, pues la otra estaría plegada sobre sí misma. De manera análoga, el cosmos puede tener varias dimensiones más que las tres espaciales y la temporal, que no percibimos porque están plegadas sobre sí mismas.

Por cierto, Einstein predijo que la atracción gravitacional no se transmite de manera instantánea, sino que viaja a la velocidad de la luz en forma de ondas gravitacionales, y todo parece indicar que tuvo razón. Para conmemorar los cien años de la publicación de cinco de sus artículos más relevantes se construyeron satélites para detectar ondas gravitacionales que han funcionado con éxito.

En el inicio de nuestro universo todas las dimensiones estaban plegadas sobre sí mismas, en nuestra analogía de la hoja de papel estaría toda

hecho bolita. Conforme evolucionó, se desenredaron las tres dimensiones espaciales y la temporal, que son las que percibimos; esto no significa que no pueda haber otras dimensiones que no se pusieron de manifiesto en nuestro universo pero podrían hacerlo en algún otro.

### **El futuro**

Nos gusta tener certidumbres, predecir el futuro. En astronomía esto es posible porque esta ciencia se basa en la física y una de sus características es la capacidad de predicción, por eso vuelan los aviones y encienden los focos.

Dentro de cuatro mil quinientos millones de años el sol se transformará en estrella gigante roja con la subsecuente evaporación de la Tierra. Nuestra estrella arrojará al espacio su envolvente extendida, esta avanzará por el cosmos, se mezclará con la materia interestelar y probablemente de origen a nuevos sistemas estelares.

Cuando el universo tenga una edad un billón de billones mayor a la actual, cesará la formación estelar. Ya no habrá gas disponible para el nacimiento de nuevas estrellas y el cosmos se oscurecerá. Solo brillará alguna estrella cuando dos mundos como Júpiter se fusionen y se conviertan en astro brillante.

Nuestro universo se expandirá por siempre. Como mencionamos antes, no sólo se alejan las galaxias unas de otras sino que lo hacen de manera acelerada. Si lanzamos un objeto cualquiera vuelve a caer, debido a la atracción gravitacional de la Tierra, pero si lo enviamos al espacio a una velocidad mayor de 12 kilómetros por segundo se alejará de nosotros por siempre, pues es lo que se conoce como velocidad de escape. La aceleración cósmica es tan elevada y la densidad de materia tan baja, que todos los objetos continuarán alejándose de nosotros por siempre.

Por supuesto que podrán existir otros universos paralelos, a los que no tenemos acceso, que podrán oscilar, formar estrellas o alguna otra forma de existencia.

### **Las fronteras**

Como pasa con cualquier ciencia, la astronomía comprueba día con día que, entre más sabemos, más tomamos conciencia de la magnitud de nuestra ignorancia. En particular la cosmología nos ha abierto varias fronteras que a continuación enumeraremos.

La materia oscura constituye el 25% de la materia del universo. Es decir, que por cada estrella que vemos debe haber al menos mil objetos que no

observamos a través de los métodos tradicionales: por la luz que emiten o absorben. La razón es que estos cuerpos invisibles están constituidos por materia que no interactúa con la radiación electromagnética; los detectamos por la atracción gravitacional que ejercen sobre los objetos visibles.

La energía oscura es el 94% del universo. Puesto que el cosmos está en expansión acelerada se requiere de una fuente de energía inmensa; desconocemos su origen. Hasta hace algunos años suponíamos que no tendríamos acceso a la información de lo que aconteció antes de la gran explosión. Ahora, gracias a las ideas de los múltiples espacios plegados, tenemos la esperanza de poder acceder a datos que arrojen luz sobre el o los universos que existieron antes que el nuestro.

La existencia de universos múltiples, bebés o paralelos al nuestro, que en su conjunto constituyan un megaverso, nos abre un mundo de posibilidades sobre la riqueza de la física de altas energías.

### Conclusión

Como habrán notado las y los lectores no definimos el tiempo; es algo que sentimos que transcurre, pero es difícil ponerlo en palabras y darle significado. Para el mundo de la mecánica cuántica, el de los átomos, no existe una sola dirección del tiempo, los fenómenos de las partículas no tienen dirección preferente. En cambio, para los procesos como los de la vida es claro hacia donde fluye, hay una dirección que va al futuro, nosotras envejecemos, mientras otros seres se forman.

En ciencia no existe una verdad absoluta. Se construyen teorías que se modifican conforme tenemos nuevas ideas y desarrollamos tecnología que nos permita no sólo hacernos preguntas sobre la naturaleza, sino extraer de ella las respuestas. Los babilonios pensaban que la Tierra era plana, como una tortilla, estaba montada sobre cuatro elefantes, éstos se posaban sobre una inmensa tortuga que a su vez estaba rodeada por una serpiente. Los pensadores de esa época tuvieron que cambiar su teoría: al observar los eclipses de luna notaron que la sombra de la Tierra siempre es un círculo, es decir que debía ser esférica.

El universo moderno evoluciona, es multidimensional, sus propiedades y las ideas que sobre él tenemos seguramente se modificarán ●