

## El efecto Doppler y la Ley de Hubble para medir distancias en el Universo

**Héctor Zenil Chávez**

Algunas de las técnicas tradicionales utilizadas en astronomía para medir distancias, como la de paralaje o la de las Cefeidas, no son adecuadas para medir distancias de objetos muy lejanos. Sin embargo, hay una técnica sofisticada que sí lo permite.

Cuando observamos el cielo en una noche despejada podemos ver la luz que nos llega de miles de estrellas. Se pueden apreciar diferencias en su brillo e incluso, si se mira con atención, distintos colores. Toda esta luz contiene información de la estrella y de los objetos celestes. Información sobre la luminosidad, la temperatura, la composición química e, incluso, el movimiento del astro y sus componentes. A partir de esta información se pueden calcular, además, la distancia, la masa y el tamaño, entre otros datos. Para descifrar la luz de las estrellas es necesario contar con instrumentos para captarla como los telescopios y espectrógrafos, que la separan en sus componentes. Pero además es importante entender fenómenos como el efecto Doppler.

El efecto Doppler ocurre cuando cualquier tipo de ondas, sonoras o electromagnéticas, producidas por un objeto en movimiento, se acumulan en la dirección de su desplazamiento y se separan unas de otras en la dirección.

La observadora de la izquierda percibe una longitud de onda menor, pues las ondas se acumulan en dirección a ella. El observador de la derecha percibe una longitud de onda mayor pues el mismo movimiento lo hace observar las ondas más separadas.

Las ondas electromagnéticas que emite un objeto pueden descomponerse con un espectrógrafo que separa los fotones de distinto color (el color es equivalente a la frecuencia o energía) que componen la luz; así se sabe cuántos hay de cada uno. Objetos distintos producen espectros diferentes por sus composiciones químicas y temperaturas. En la parte visible de un espectro, el rojo --el color de menor energía y frecuencia, es decir, de mayor amplitud de onda-- está a la derecha y el

azul --el color con mayor frecuencia o energía, es decir, menor amplitud de onda-- se encuentra a la izquierda.

Si un objeto se aleja del observador, su espectro se verá desplazado hacia el rojo, y si se acerca, su espectro se verá desplazado hacia el azul como consecuencia del efecto Doppler. Cuando el espectro obtenido de un objeto celeste se alinea con el espectro conocido de los elementos terrestres, se distingue el corrimiento.

En el primer espectro las líneas negras, que representan a algunos de los elementos químicos identificados del objeto, se desplazan a la derecha, hacia el rojo. Mientras que en el espectro inferior las líneas se encuentran en su ubicación original. El desplazamiento al rojo indica que la fuente del espectro superior se está alejando y la cantidad del desplazamiento indica la velocidad a la que lo hace. Los números de la parte inferior indican la longitud de onda en nanómetros de los colores visibles por los humanos.

Si se mide la magnitud del desplazamiento al rojo del espectro de una galaxia, se puede calcular su velocidad. Esto se hace utilizando la Ley de Hubble que relaciona la distancia del objeto con su velocidad radial; es decir, la velocidad con la que se acerca o se aleja de nosotros. Esta ley establece que entre más rápido se aleja más lejos se encontrará del observador. La Ley de Hubble ( $v=Hd$ ) dice que la velocidad ( $v$ ) de un objeto es proporcional a su distancia ( $d$ ) multiplicada por la constante de Hubble ( $H$ ), así de esta forma se obtiene la distancia deseada. Otros temas de interés: espectroscopía, ondas electromagnéticas, Ley de Hubble, la expansión del universo.