

## Cosmología para secundaria

Juan Tomé  
cosmologica.amonaria.com

### Actividad: Fotones que se estiran

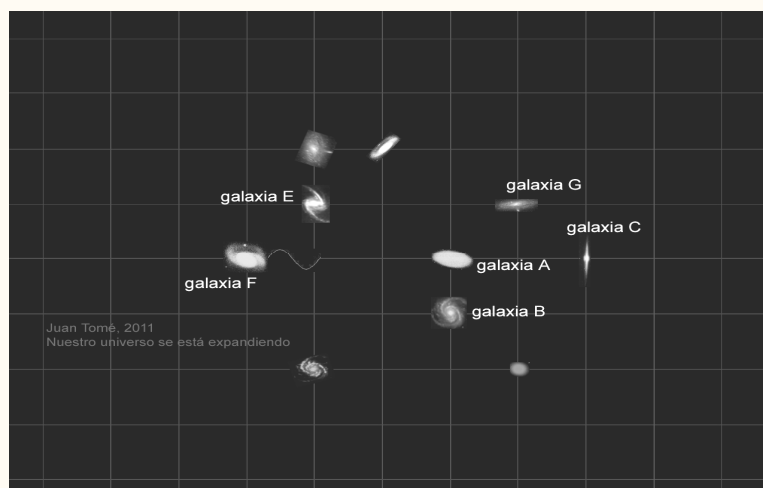
#### Contexto

La expansión de nuestro universo no es sólo una idea teórica. Hay observaciones que la apoyan. En concreto, lo que se observa desde aquí es que fotones procedentes de galaxias lejanas, situadas en cualquier dirección respecto al observador, llegan con una longitud de onda mayor de la que se supone tenían en el momento de la emisión, *desplazados al rojo*.

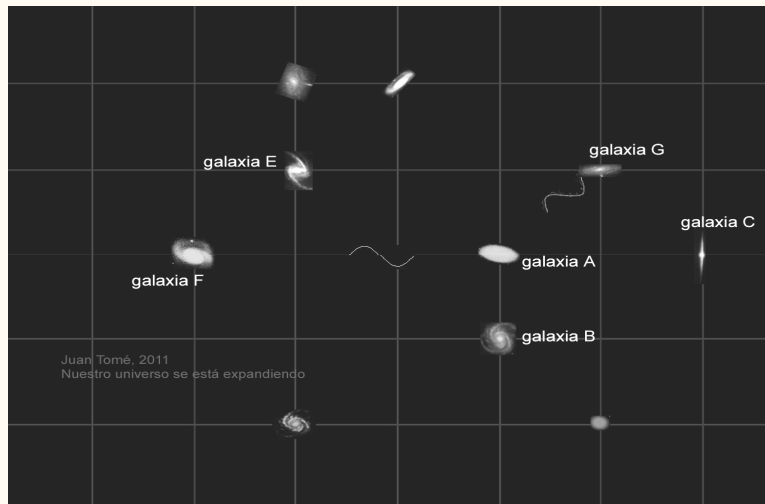
La razón del aumento de la longitud de onda de un fotón mientras viaja desde la galaxia emisora hasta nosotros, es que los fotones se estiran con el espacio, al mismo ritmo que el espacio. El estiramiento de los fotones es la causa del *desplazamiento al rojo*. Cuanto mayor es la distancia, mayor es el tiempo de viaje para los fotones y mayor el tiempo que se están estirando. Esa es la raíz de que el desplazamiento al rojo crezca con la distancia a la fuente. Para distancias pequeñas (en sentido cosmológico) los tiempos de viaje, y por tanto de estiramiento, son aproximadamente proporcionales a las distancias, lo que explica la ley empírica de Hubble. Así pues, el *desplazamiento al rojo* debido al estiramiento de los fotones es evidencia observacional de la expansión del universo, del estiramiento del espacio. Para distinguirlo de otros aumentos de longitud de onda de fotones que son debidos a otras causas, se le llama *desplazamiento al rojo cosmológico*.

#### Desarrollo de la actividad

El siguiente argumento muestra el fundamento de la relación entre *desplazamiento al rojo* de los fotones y la distancia entre galaxia emisora y receptora. Las imágenes describen un universo en expansión. Las galaxias representadas mantienen sus posiciones en la cuadrícula pero la cuadrícula se estira.



En la primera imagen, se emite un fotón (violeta por ejemplo) en la galaxia F y empieza su viaje hacia la galaxia A.



En la segunda, cuando ese fotón hizo parte de su camino, cuando le queda por recorrer una distancia igual a la que en ese momento separa las galaxias G y A, se emite otro igual en la galaxia G y empieza su viaje hacia la galaxia A. Ese momento es tal que ambos fotones llegarán a la vez a la galaxia A. El fotón que sale de G es de la misma longitud de onda que tenía el primero en el momento de salir de F. Pero en esta segunda imagen el fotón que salió de F ya está algo estirado (verde, por ejemplo) porque durante el tiempo que llevaba viajando se estiró el espacio.



En la tercera, ambos fotones son detectados por observadores de la galaxia A. El que procede de F llega con una longitud de onda (rojo, por ejemplo) mayor que el que procede de G (amarillo, por ejemplo), aún siendo iguales en el momento de la emisión. Se estiró más, durante más tiempo, porque su viaje fue más largo.

## Trabajo que se propone

- Reescribir el argumento haciendo dibujos análogos a los mostrados aquí pero para otra galaxia receptora y otras galaxias emisoras.
- Colorear los fotones de acuerdo con su longitud de onda.