

Cosmología para secundaria

Juan Tomé
cosmologica.amonaria.com

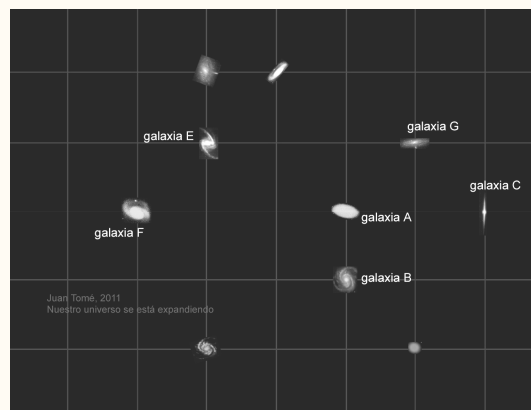
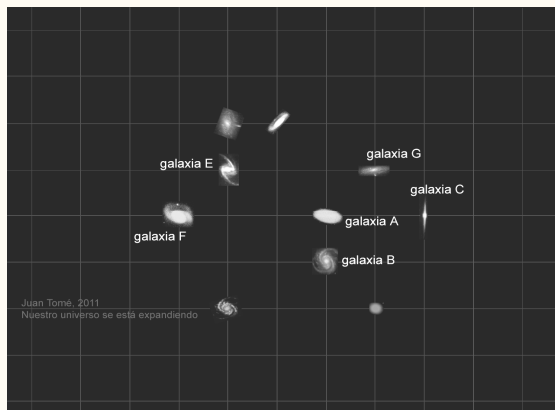
Actividad: El estiramiento del espacio

Contexto

Para la cosmología moderna, la “expansión del universo” es un estiramiento del espacio, un cambio de escala, creciente, del retículo de coordenadas espaciales. Mientras el espacio se estira en el sentido descrito, las galaxias mantienen sus coordenadas en el retículo, “no cambian de sitio”, pero se alejan unas de otras atrapadas en la red que se va estirando. Las galaxias se alejan entre sí porque el espacio se estira entre ellas. El alejamiento de las galaxias no es debido a que se muevan *a través de un espacio estático* sino a que las galaxias en reposo *son separadas al estirarse un espacio dinámico*. La expansión del universo es una expansión del espacio mismo sin movimiento de las galaxias en él o a través de él.

El estiramiento se supone uniforme: sucede por todas partes, al mismo ritmo por doquier. De la condición de uniforme de la expansión se deduce que el incremento de distancias entre dos galaxias es proporcional a la distancia que las separa. Dado que esas separaciones se producen en el mismo período de tiempo, se puede decir que éstas (las que están a dos cuadrículas de distancia) se separan el doble de deprisa que aquéllas (las que están a una cuadrícula de distancia). Esta es la clave de la llamada relación de proporcionalidad *velocidad-distancia*.

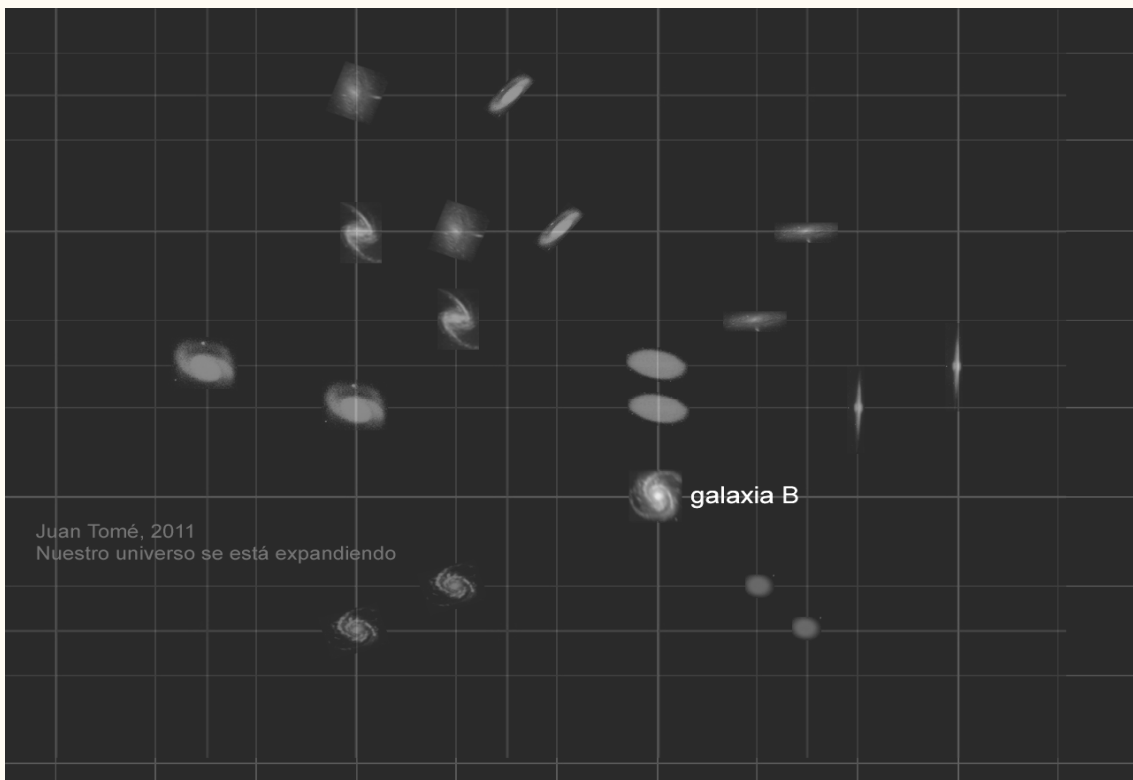
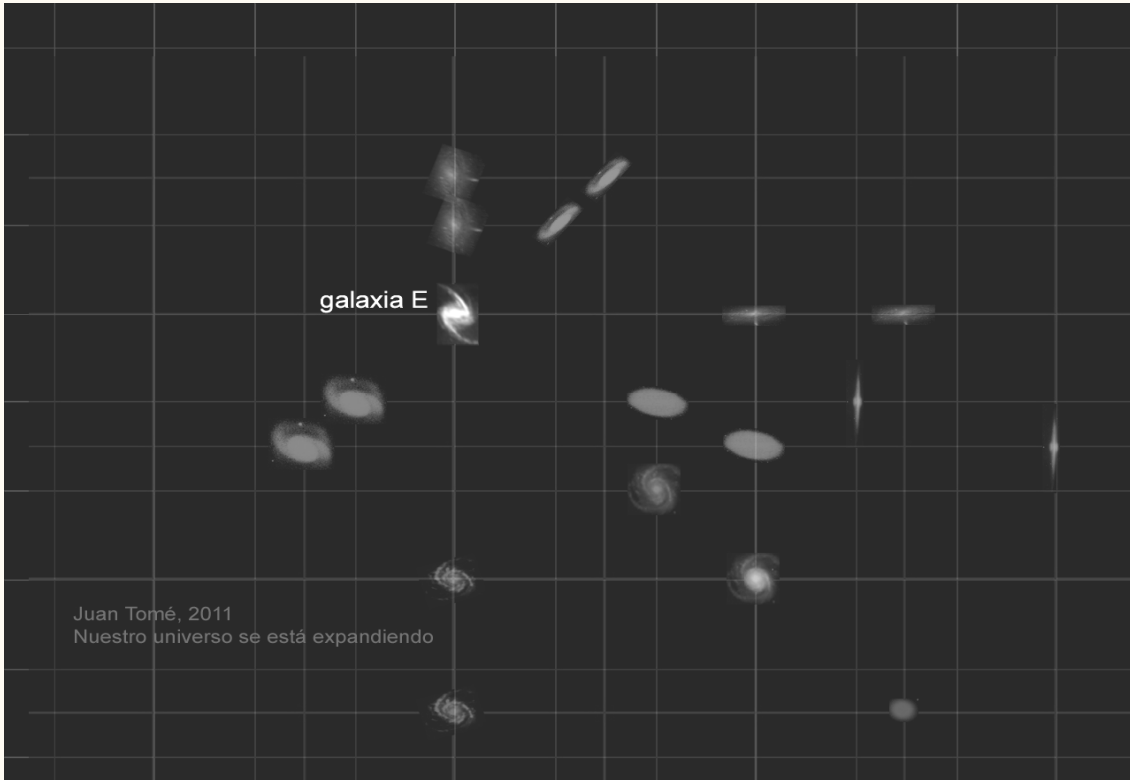
Desarrollo de la actividad



Las dos figuras anteriores muestran la misma distribución de galaxias en dos momentos distintos de un universo en expansión. Se representa un universo de dos dimensiones plano, *universo de papel*, visto “desde fuera”. Debe entenderse que la distribución de galaxias se extiende fuera de los márgenes de la figura, hasta el infinito. La segunda imagen, a escala 1:1’5

(una vez y media la primera), es posterior a ella en la historia de la expansión. Si se superponen las dos imágenes, haciendo coincidir por ejemplo las imágenes de la galaxia E, aparecen claramente los desplazamientos del resto respecto de ella.

Las dos siguientes son superposiciones de ellas, la primera centrada en la galaxia E y la segunda centrada en la galaxia B.



Las galaxias E y B serían las galaxias de los observadores que van a estudiar la expansión. Pues bien, basta ahora una regla para construir una tabla con los valores de las coordenadas de distintas galaxias (que son las mismas en t_1 y en t_2) y con los valores de \mathbf{D} (distintos en t_1 y en t_2) “medidos” para distintas galaxias, a partir de los cuales se puede establecer (ordenado los cálculos en la siguiente tabla) la relación velocidad-distancia y mostrar sus consecuencias.

Galaxia en el universo de papel	A	G	C	F
Coordenadas en t_1				
Coordenadas en t_2				
Distancia en t_1 [cm]				
Distancia en t_2 [cm]				
Aumento de la distancia $\Delta D = D_2 - D_1$				
Aumento de distancia por unidad $\Delta D / D_1$				
Velocidad de aumento de la distancia $V_{\Delta D} = \Delta D / \Delta t$ [cm/s]				
Velocidad de aumento de la distancia por unidad (constante de Hubble) $H = (\Delta D / \Delta t) / D_1$ [(cm/s)·cm]				
Edad estimada del universo de papel $\Delta t_{\text{Big bang-ahora}} = D_1 / V_{\Delta D} = H^{-1}$ [s]				

Los “observadores en E” y los “observadores en A” obtendrán los mismos valores para el aumento unitario de distancias, para la constante de Hubble y para la edad de *ese universo de papel*, además de la misma gráfica $\mathbf{V}_{\Delta D}$ frente a \mathbf{D} . Se haría así evidente la equivalencia de todos los observadores en el universo, la no existencia de un centro o un origen de la expansión.

Bibliografía

<http://cosmologica.amonaria.com/wp-content/uploads/2012/12/Taller-Expansi%C3%B3n-web-ApEA-MAY-2011-def-notas-def-pie-y-final-color-papel-blog.pdf>

Tomé, J. 2012, Cosmología para secundaria, Publicaciones ApEA, Antares Ed.