

Cosmología para secundaria

Juan Tomé
cosmologica.amonaria.com

Actividad: Mirar lejos es mirar al pasado

Contexto

La investigación del universo se basa en una colección de noticias que, procedentes de distintos lugares y momentos, llegan aquí y ahora, traídas por fotones (se llaman así los “cuántos” de luz, los “paquetitos” de luz). Los fotones son muy rápidos, son lo más rápido que existe, pero no son infinitamente rápidos. Por tanto necesitan tiempo para llegar desde su origen hasta nosotros. Esto quiere decir que las noticias con las que construimos el universo no siempre son noticias frescas: cuánto más lejana es la fuente, más antiguas son las noticias recibidas *ahora* de ella. Los fotones que llegan *aquí ahora* informan de cómo era la fuente en el momento de su emisión y de eso puede hacer hasta miles de millones de años, tan lejos hemos llegado a ver. Por eso los astrofísicos y los cosmólogos dicen que “mirar lejos es mirar al pasado”.

Luna, nuestro satélite	1'27 segundos-luz
Sol, nuestra estrella	8'33 minutos-luz
Sirio, la estrella más brillante	8'6 años luz
Gliese, un estrella con un planeta terrestre	20'5 años luz
Cúmulo globular de Hércules, en nuestra galaxia	25000 años luz
Andrómeda, la gran galaxia vecina	$2'52 \cdot 10^6$ años-luz
Una galaxia del cúmulo de Virgo	$50 \cdot 10^6$ años luz
Una galaxia del cúmulo de Coma	$320 \cdot 10^6$ años luz
Galaxias lejanas detectadas por el Gran Telescopio de Canarias	$12000 \cdot 10^6$ años luz
El quásar más lejano, en la Osa Mayor	$13000 \cdot 10^6$ años luz

La tabla anterior da los tiempos que tarda la luz en llegar hasta nosotros desde distintos objetos celestes. Así, vemos el Sol como era hace 8'33 minutos; la imagen de Sirio que vemos es la de hace 8'6 años; al mirar a Andrómeda vemos una imagen de hace dos millones y medio de años; las galaxias lejanas detectadas por Gran Telescopio de Canarias se ven como eran hace doce mil millones de años.

Esto puede ser desconcertante al principio y puede parecer un problema. Sin embargo es, más bien, una ventaja porque al observar el universo no

sólo se está mirando a distintos sitios sino a distintos tiempos. La “tardanza” de los fotones nos permite ver el universo en distintas épocas. Los fotones que llegan de objetos cercanos nos informan del universo tal como es ahora; los que llegan de un poco más lejos nos cuentan del universo en un pasado próximo; y cuanto más lejana es la fuente más antigua es la imagen del universo que se proyecta ante nosotros aquí, ahora, sin movernos del sillón. El conjunto de observaciones relativas a objetos situados a la misma distancia es un corte, una “fotografía” del universo correspondiente a una época de su existencia. Como el universo ha ido cambiando con el tiempo, la observación astrofísica proporciona un álbum de imágenes de su historia.

Desarrollo de la actividad

Parte 1: Una analogía

Felipe III heredó de su padre, Felipe II, los títulos de Rey de España y de Portugal. Los imperios coloniales de las dos naciones, territorios de todo el planeta, quedaban bajo su administración. Durante su reinado se publicó el Quijote, en 1605 la primera parte y en 1615 la segunda.

Supongamos que, previendo la importancia futura de la novela, ordenara que el día 1 de Enero de de 1616 empezara, en todo su imperio, la grabación mural en piedra del primer párrafo del Quijote que, como bien es sabido, dice así:

“En un lugar de la Mancha, de cuyo nombre no quiero acordarme, no ha mucho tiempo que vivía un hidalgo de los de lanza en astillero, adarga antigua, rocín flaco y galgo corredor. Una olla de algo más vaca que carnero, salpicón las más noches, duelos y quebrantos los sábados, lentejas los viernes, algún palomino de añadidura los domingos, consumían las tres partes de su hacienda. El resto della concluían sayo de velarte, calzas de velludo para las fiestas con sus pantuflos de lo mismo, los días de entre semana se honraba con su vellori de lo más fino. Tenía en su casa una ama que pasaba de los cuarenta, y una sobrina que no llegaba a los veinte, y un mozo de campo y plaza, que así ensillaba el rocín como tomaba la podadera. Frisaba la edad de nuestro hidalgo con los cincuenta años, era de complexión recia, seco de carnes, enjuto de rostro; gran madrugador y amigo de la caza. Quieren decir que tenía el sobrenombre de Quijada o Quesada (que en esto hay alguna diferencia en los autores que deste caso escriben), aunque por conjeturas verosímiles se deja entender que se llama Quijana; pero esto importa poco a nuestro cuento; basta que en la narración dél no se salga un punto de la verdad.”

Supongamos también que, para controlar el trabajo ordenara que al terminar cada día le envíen palomas mensajeras que lleven en su pata un papelito en el que se haya escrito todo lo que esté esculpido en piedra hasta ese día.

1. Escribir los mensajes que Felipe II hubiera recibido en su corte de El Escorial el día 12 de Enero de 1616, procedentes de Valencia (distante 380 km), Nápoles (distante 1650 km), Cabo Verde (distante 3230 km), La Habana (distante 7400 km), Perú (distante 9300 km), Buenos Aires (distante 10000 km) y Filipinas (distante 11800 km). Suponer que cada día se esculpían 10 letras y que las palomas viajaban a una media de 30 km/h.
2. Calcular las distancias a Valencia, Nápoles, Cabo Verde, La Habana, Perú, Buenos Aires y Filipinas en día-paloma.

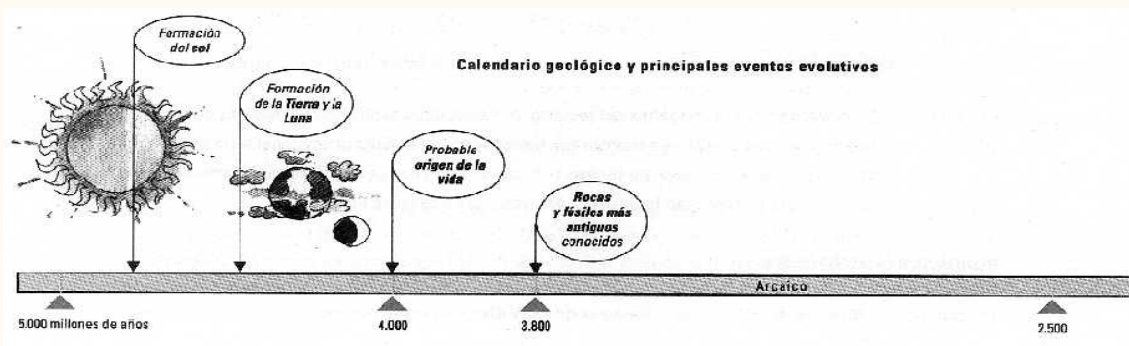
Parte 2 : Noticias frescas

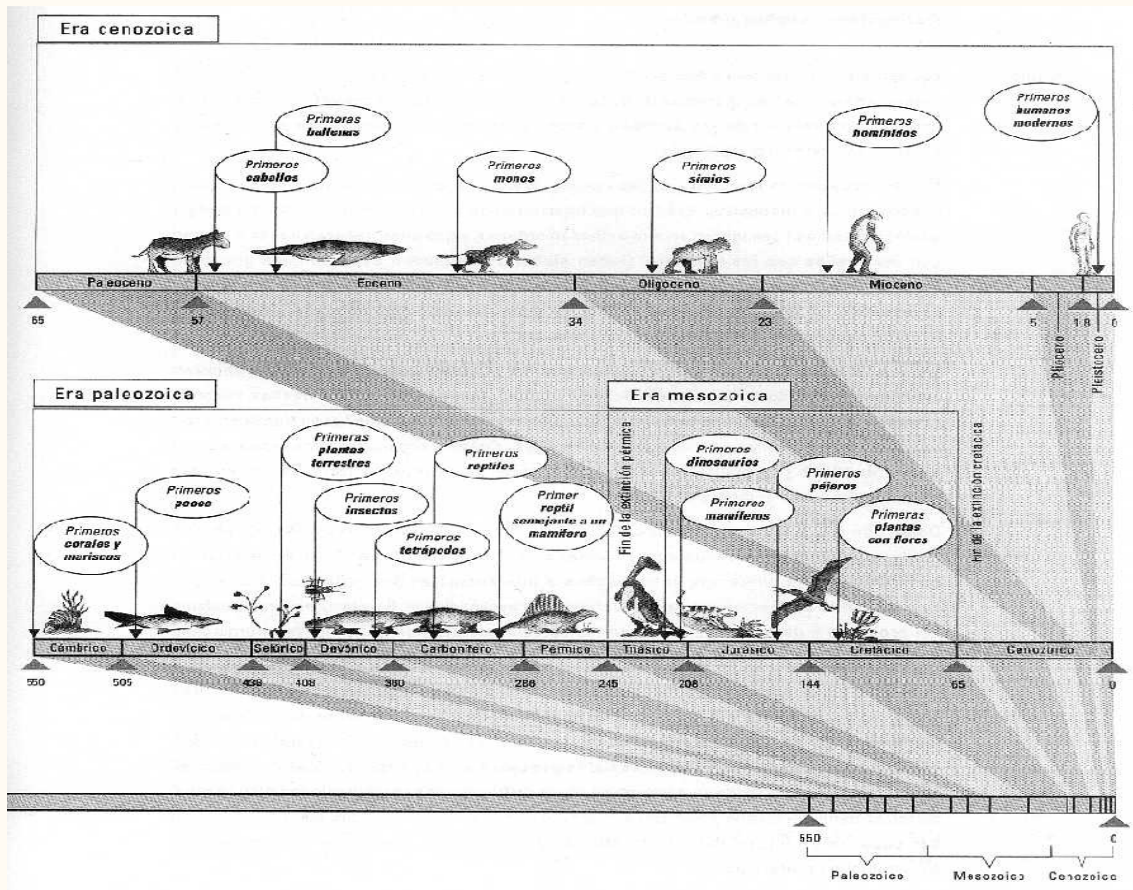
Cuando se trata de distancias a escala terrestre nadie discute que se puede vivir “la actualidad” en tiempo real. Por ejemplo, viendo por televisión un programa o una retransmisión en directo, no somos conscientes de estar viendo el pasado porque la señal de televisión se propaga a la velocidad de la luz, y desde que se emite hasta que se recibe transcurre muy poco tiempo (calcular ese tiempo es un buen ejercicio). Pero a escalas mayores la cosa cambia. Si las señales tuvieran que llegar a objetos celestes lejanos, los retrasos serían considerables, y la idea de que un telediario cuenta la actualidad quebraría.

Se trata ahora de imaginar que una televisión, TVT (Televisión de la Tierra), lleva emitiendo desde la formación del planeta. Con la ayuda del calendario geológico de más abajo, y teniendo en cuenta que ninguna señal se propaga más rápido que la luz, dibujar televisores con las noticias del telediario que “hoy” estarían viendo en:

- El Sol, a $1'8 \cdot 10^8$ km .
- Andrómeda, a 0'73 Mpc, nuestra gran galaxia vecina del grupo local.
- Una galaxia del supercúmulo de Virgo, a 20 Mpc, al que pertenece nuestro grupo local.
- Una galaxia del supercúmulo de Hydra II, a 710 Mpc .
- El cuásar 3C48, muy intenso en radio, a 1200 Mpc .
- La protogalaxia IRAS 10214+4724, a 3600 Mpc .

(Tener en cuenta que un **parsec**, unidad de distancia, son $3'09 \cdot 10^{13}$ km o, lo que es lo mismo, 3'26 años-luz. Un megaparsec, Mpc, son 10^6 parsec)





Parte 3 : Desesperante “lentitud”

Italo Calvino, en “Las cosmicómicas”, narra experiencias de Qfwfq, personaje que nació con el universo y tiene su edad: unos catorce mil millones de años. Se entiende que le hayan podido ocurrir multitud de peripecias. Ha tenido tiempo incluso de recibir y mandar mensajes de galaxias alejadas de él millones de años-luz. En el relato titulado “Los años luz” Calvino cuenta una experiencia inquietante de Qfwfq, relativa a un intercambio de mensajes con seres muy distantes, algo imposible de vivir nosotros, limitados a una vida abrumadoramente corta en relación con los tiempos precisos para comunicaciones con seres de otras galaxias. Se propone leer el texto y luego hacer el trabajo que se explica al final.

“Una noche observaba el cielo con mi telescopio. Desde una galaxia situada a cien millones de años luz de distancia, noté que asomaba un cartel. Decía: TE VI. Hice rápidamente el cálculo: la luz de la galaxia había tardado cien millones de años en alcanzarme, y como desde allí arriba veían lo que sucedía aquí con cien millones de años de retraso, el momento en que me habían visto debía de remontarse a doscientos millones de años.”

Aun antes de verificar en mi agenda qué había hecho yo aquel día, me asaltó un presentimiento espeluznante: justo doscientos millones de años antes, ni un día más ni uno menos, me había sucedido algo que siempre he tratado de ocultar. [...] Pensé en responder de inmediato yo también con un cartel [...] y después esperar el tiempo necesario para que desde allí vieran mi letrado y el tiempo igualmente largo para que yo viese la respuesta de

ellos y pudiera proceder a las debidas rectificaciones. En conjunto se hubieran necesitado otros doscientos millones de años e incluso algunos millones más, porque mientras las imágenes iban y venían a la velocidad de la luz, las galaxias seguían alejándose entre sí y ahora aquella constelación ya no estaba donde yo la veía, sino un poco más allá, y la imagen de mi cartel debía correrle detrás. En fin era un sistema lento que me hubiera obligado a discutir de nuevo, más de cuatrocientos millones de años después de sucedidos, unos acontecimientos que hubiese querido hacer olvidar en el tiempo más breve posible.

La mejor línea de conducta que se me presentaba era hacer como si nada, minimizar el alcance de lo que podían haber llegado a saber. Por eso me apresuré a poner bien a la vista un cartel que decía simplemente: *¿Y QUÉ HAY CON ESO?*. [...] La distancia que nos separaba (la galaxia había zarpado de su muelle de cien millones de años luz hacía un millón de siglos, internándose en la oscuridad) haría quizás menos evidente que mi *¿Y QUÉ HAY CON ESO?* replicaba al TE VI de doscientos millones de años atrás, pero no e pareció oportuno incluir en el cartel referencias más explícitas, porque si la memoria de aquella jornada, pasados tres millones de siglos, se había ido oscureciendo, no quería ser justamente yo quien la refrescara. [...]

Vosotros diréis que bien podía importarme un rábano lo que pensarán de mí algunos habitantes desconocidos de una constelación aislada. En realidad lo que me preocupaba no era la opinión limitada al ámbito de este o aquel cuerpo celeste, sino la sospecha de que las consecuencias de haber sido visto por ellos podrían haber sido ilimitadas. [...]

En este estado de ánimo seguía mirando en torno todas las noches con el telescopio. Y al cabo de dos noches me di cuenta de que también en una galaxia situada a cien millones de años y un día luz habían puesto el cartel TE VI. No cabía duda de que también ellos se referían a aquella vez: lo que siempre había tratado de esconder había sido descubierto no desde un cuerpo celeste solamente, sino también desde otro, situado en una zona completamente distinta del espacio. Y desde otros más: las noches siguientes continué viendo nuevos carteles con el TE VI que se alzaban en nuevas constelaciones. Calculando los años luz resultaba que la vez que me habían visto era siempre la misma. [...]

Era como si en el espacio que contenía todas las galaxias la imagen de lo que había hecho aquel día se proyectara en el interior de una esfera que se dilataba continuamente a la velocidad de la luz: los observadores de los cuerpos celestes que iban entrando en el radio de la esfera estaban en condiciones de ver lo que había sucedido." [...]

Trabajo sobre el texto

1. Calcular la distancia a la primera galaxia que colgó el cartel TE VI en km y en parsec. (Tener en cuenta que un año luz es la distancia que recorre la luz en un año, a 300.000 km/s) (Un parsec es una distancia igual a 3'26 años luz)
2. Representar en viñetas sucesivas:

- Lo que hizo Qfwfq y había tratado de ocultar.
 - El momento en que en la primera galaxia cuelgan el cartel de TE VÍ .
 - El momento en que Qfwfq ve ese cartel.
 - El momento en que pone el cartel ¿Y QUÉ HAY CON ESO? .
 - El momento en que en la segunda, tercera, etc galaxias cuelgan el cartel TE VÍ.
 - La esfera en que se extiende la imagen de lo que Qfwfq hizo y quiso ocultar.
3. Poner fecha a cada una de esas viñetas.
 4. Hacer un comentario personal sobre el texto.
 5. Escribir un final para las tribulaciones de Qfwfq.

Comentarios didácticos

No es necesario hacer las tres partes de esta actividad ni el orden propuesto es el único posible.

En la Parte 1, el cálculo de distancias en “día-paloma” puede hacerse antes de escribir los papelitos. Eso simplifica mucho los cálculos pero, a cambio, impide que los alumnos busquen su propia línea de solución del problema. En todo caso, la idea de “día-paloma” debe usarse para ayudar a entender la de año-luz.

La edad del universo impone un límite al tamaño del universo observable: las fuentes más lejanas que podemos observar ahora son aquellas situadas a una distancia tal que los fotones provenientes de ellas tardaron en llegar hasta nosotros un tiempo igual a la edad del universo. Podrá haber fuentes situadas más lejos que esas pero no podrán ser observadas porque los fotones que pudieran haber emitido no han tenido tiempo suficiente de llegar hasta aquí. A medida que pase el tiempo, a medida que la edad del universo sea mayor, nos podrán ir llegando fotones de fuentes más alejadas. El tamaño del universo observable crece con la edad del universo. Es cuestión de paciencia: cada año el radio del universo observable crece un año luz. Para Qfwfq sucede algo similar: el párrafo final de la lectura muestra que el universo al que pueden llegar noticias de Qfwfq crece con el tiempo a la velocidad de la luz. En la continuación del relato, este hecho, inevitable para él, es su mayor preocupación.

Bibliografía

Calvino, I., 1990, Las cósmicas, Ed Minotauro, Barcelona, 1992

www.carampangue.cl/Biocarampangue/3-Eras-1.jpg, (y 3-Eras-2.jpg)

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