

# A la caza de la galaxia más lejana

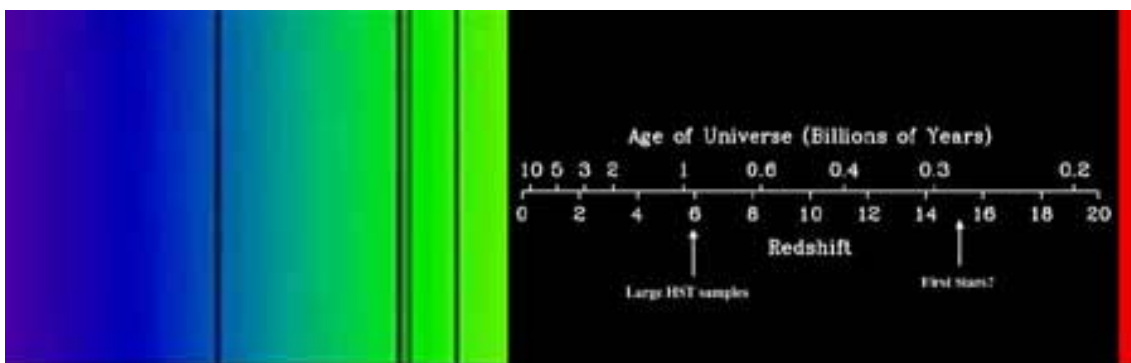
Empezamos a ver, por fin, las primeras galaxias que se formaron en el universo

**Silbia López de Lacalle**  
(IAA-CSIC)

La velocidad de la luz, esos 300.000 kilómetros por segundo, hace que en cierto modo siempre veamos el pasado de las cosas. Y, aunque en nuestra vida diaria podemos pensar que la luz se mueve de forma instantánea -el tiempo que tarda en llegar a nuestros ojos y ser procesada por el cerebro es muy reducido-, para distancias mayores resulta esencial considerar su velocidad limitada. Y las distancias que se manejan en astronomía son inmensas. Tanto, que el kilómetro e incluso la Unidad Astronómica (la distancia de la Tierra al Sol: ciento cincuenta millones de kilómetros) se nos quedan pequeños y debemos recurrir a medidas como el año luz, equivalente a la distancia que recorre la luz en un año.

Por ejemplo, la luz solar tarda ocho minutos en alcanzarnos, lo que supone que vemos el Sol cuando era ocho minutos más joven; pero Andrómeda, la galaxia similar a la Vía Láctea más cercana, se halla a dos millones quinientos mil años luz, una distancia insignificante a escala cósmica pero que supone que vemos Andrómeda tal y como era hace dos millones y medio de años, es decir, cuando los primeros homo habilis caminaban sobre la Tierra.

En astrofísica esto constituye más una ventaja que un inconveniente, porque nos permite conocer el pasado del universo. Los telescopios, sobre todo los más potentes, pueden verse como máquinas del tiempo puesto que, cuanto más lejos miremos, a épocas más antiguas nos estaremos asomando. Lo que produce una curiosa ambigüedad, ya que una galaxia muy muy muy lejana aparecerá joven a nuestros ojos cuando en realidad se trata de una de las primeras que se formaron en el universo, es decir, una de las más viejas.



Relación entre el corrimiento al rojo de un objeto y la edad del universo.

### **Redshift: cómo de pequeño era el universo**

Antes de subirnos a lomos del telescopio espacial Hubble (HST), que nos ha aportado las imágenes más profundas del cielo, o de las lentes gravitatorias, fenómenos naturales que han permitido detectar las galaxias más distantes, debemos familiarizarnos con un término indispensable en astronomía, el corrimiento al rojo -o redshift- cosmológico. El redshift es el desplazamiento hacia el rojo del espectro de la luz de las galaxias lejanas debido al distanciamiento progresivo producido por la expansión del universo, y es necesario hacer hincapié en que la recesión no se debe a movimientos propios de las galaxias, sino a la expansión del espacio-tiempo donde se hallan.

Así, el redshift de un objeto nos dice cuánto se ha desplazado al rojo su luz desde el momento en que fue emitida, y se denota como "z". Por ejemplo, un redshift de dos ( $z=2$ ) indicaría que la luz del objeto ha triplicado su longitud de onda desde que se emitió y un redshift de tres que la ha cuatriplicado, mientras que un redshift igual a cero supone que la longitud de onda no se ha modificado. Visto de otra manera, el corrimiento al rojo nos permite conocer cuánto más pequeño era el universo en el momento en que se emitió la luz (por ejemplo, una galaxia con un redshift de  $z=1$  emitió su luz cuando el universo tenía la mitad de tamaño que ahora), y se emplea para medir distancias. De hecho, es la medida más empleada para objetos muy remotos: el desplazamiento al rojo de la luz de una galaxia permite conocer su velocidad y, con ella, es posible determinar la distancia a la que se encuentra la galaxia. Además, se trata de una medida objetiva, que surge de cómo ha cambiado el espectro de un objeto, a diferencia de otros medios para calcular distancias, que implican el uso de modelos cosmológicos.

### **El certero ojo del telescopio espacial Hubble**

Aunque a día de hoy existe una carrera por hallar los objetos a más alto redshift, con el titular "hallada la galaxia más lejana" repitiéndose cada poco tiempo, ese universo joven estuvo vedado a nuestros ojos hasta 1996, cuando el telescopio espacial Hubble produjo el Hubble Deep Field, una imagen de campo profundo obtenida ensamblando trescientas cuarenta y dos exposiciones tomadas a lo largo de diez días. Según la propia web del telescopio, cuando se propuso emplear el Hubble para observar, durante días y días, la misma región del cielo, nadie aseguraba que aquello pudiera ofrecer resultados científicos interesantes, pero los datos superaron las mejores expectativas: en una minúscula y aparentemente poco poblada región del cielo (equivalente al tamaño de una pelota de tenis a una distancia de cien metros), surgieron unas tres mil galaxias (¡tres mil!!), muchas de ellas las más jóvenes y distantes conocidas.

El telescopio Hubble fotografió galaxias situadas a redshift 6, correspondientes a una época en la que el universo no tenía ni mil millones de años -su edad estimada se halla en los 13.800 millones de años-, algo inaudito ya que por entonces solo se conocían unas pocas galaxias a redshift mayor que uno.



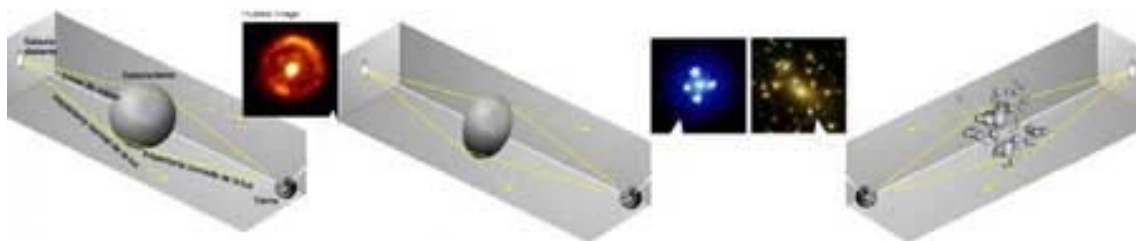
A la izquierda, porción del cielo seleccionada para el Hubble Deep Field. A la derecha, fragmento de la imagen compuesta que mostraba unas tres mil galaxias.

La verdad es que dan ganas de terminar aquí el artículo, con ese abrumador salto en el conocimiento del cosmos que supuso el Hubble Deep Field, pero vamos a continuar un poco porque el telescopio Hubble nos ha permitido arañar el pasado del universo aún más. En 2004 se hacía público el Hubble Ultra-Deep Field, que compilaba ochocientas exposiciones y que permitía vislumbrar el cosmos tal y como era hace trece mil millones de años. Esta imagen de campo ultra profundo mostraba unas diez mil galaxias de distintas edades, tamaños, formas y colores, entre las que destacan unas cien galaxias pequeñas y rojizas que vemos congeladas en un tiempo en el que el universo tenía solo ochocientos millones de años de edad. Y en 2012 el Hubble eXtreme Deep Field, que se había centrado en una pequeña región en el centro del Ultra-Deep Field, añadía otras cinco mil quinientas al censo anterior y reducía aún más la porción oculta del universo al mostrarnos cómo era hace trece mil doscientos millones de años. Un magnífico colofón para un telescopio que, en origen, fue diseñado precisamente para medir la constante de Hubble, es decir, cuánto se expande el universo.

### **Lentes gravitatorias: telescopios naturales**

¿Paramos ya? Pues no, porque un fenómeno natural, las lentes gravitatorias, se ha aliado con el penetrante ojo del telescopio espacial Hubble y ya estamos viendo lo que pudieron ser, nada más y nada menos, que las primeras galaxias. Para comprender el complejo –y bellissimo– efecto conocido como lente gravitatoria se precisan unas nociones básicas sobre la luz y el espaciotiempo. Sabemos, gracias a la teoría de la relatividad, que la geometría del espaciotiempo no es rígida, sino que en presencia de materia se modifica y, más concretamente, se curva.

Un ejemplo clásico consiste en imaginar el espaciotiempo sin materia como una sábana tendida horizontalmente y tensada por los cuatro extremos; si dejamos caer una pelota ese espaciotiempo se curvaría y, más curioso aún, desviaría los rayos de luz emitidos por objetos lejanos. En el fondo, la luz solo sigue el camino más corto: ante grandes cúmulos de materia se desvía o divide dependiendo de la masa del cúmulo y del nivel de alineación de los objetos. Como resultado, desde la Tierra podemos observar una magnificación de su luz (como una lupa), un aparente cambio de posición, una deformación o incluso una multiplicación del objeto más lejano.



Distintos tipos de lentes gravitatorias posibles dependiendo de la alineación y del tipo de objeto que las produzcan.

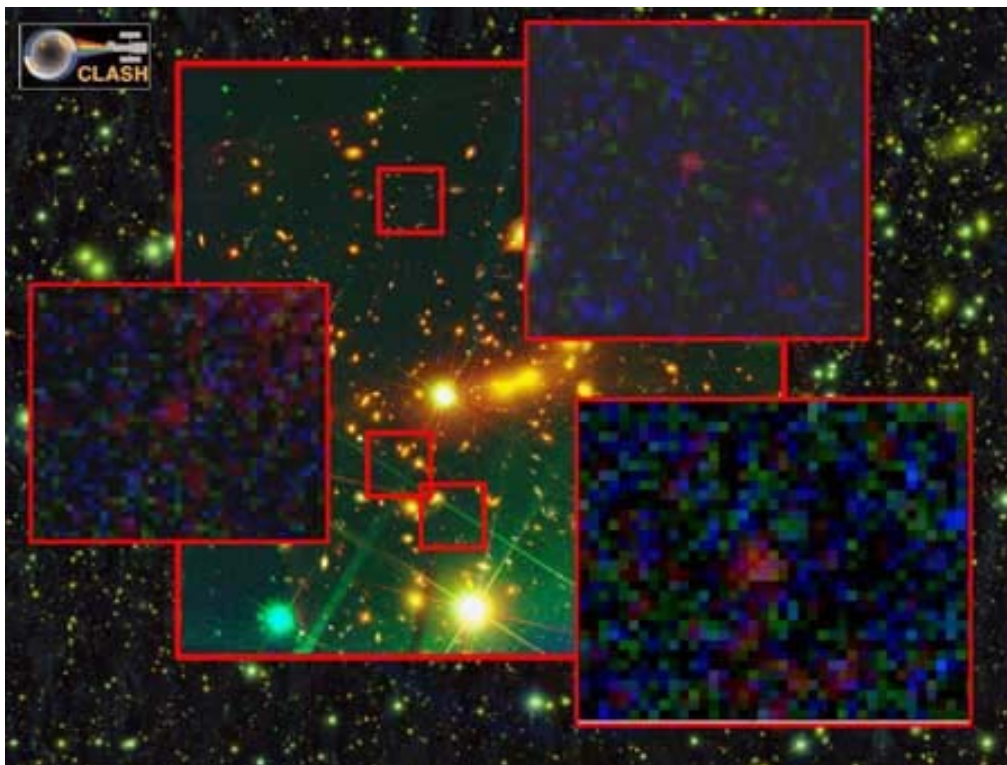
Fue, precisamente, la magnificación de su luz lo que permitió hallar la que fue, durante unos meses de 2012, la galaxia más lejana conocida. La luz de MACS1149-JD nos llega amplificada casi quince veces por el efecto de lente gravitatoria producido por un cúmulo que se encuentra en su camino y que actúa como una lupa cósmica, y permitió observar esta jovencísima galaxia que data de cuando el universo tenía cuatrocientos noventa millones de años y que, se calcula, pudo formarse tan solo doscientos millones de años después del Big Bang. El hallazgo se enmarca en el proyecto CLASH (Cluster Lensing and Supernova survey With Hubble), cuyo objetivo principal reside en aportar luz sobre la materia y energía oscuras a través del estudio en detalle de una serie de cúmulos de galaxias. Uno de

ellos, MACS J1149+2223, causante de la amplificación de la luz de MACS1149-JD, constituye una de las lentes más poderosas conocidas.

Sin embargo, y también gracias al proyecto CLASH, en octubre de 2012 conocíamos la existencia de MACS0647-JD, galaxia que le sucedió en el título de "la más lejana". Gracias nuevamente al efecto de lente gravitatoria producido por un cúmulo de galaxias, los investigadores pudieron observar tres imágenes magnificadas de MACS0647-JD que mostraban un aumento en brillo de ocho, siete y dos veces con respecto al objeto original. Esta galaxia, que vemos en una época en la que el universo contaba con cuatrocientos veinte millones de años de edad, es tan pequeña que podría hallarse en el inicio de la formación de una galaxia mayor. Se cree que las grandes galaxias, como la Vía Láctea, crecieron por la fusión de otras más pequeñas, y MACS0647-JD, con sus apenas seiscientos años luz de anchura (la Vía Láctea mide ciento cincuenta mil años luz) podría constituir uno de esos ladrillos galácticos.

Terminamos con una sorpresa acontecida en diciembre de 2012 y que puso fin al reinado de MACS0647-JD: la galaxia UDFj-39546284, que se creía a un redshift 10, se puso (gracias a una nueva compilación de datos) de repente muy a la cabeza del pelotón, al registrarse una nueva medición de redshift de 11,9, lo que la sitúa en torno a los trescientos ochenta millones de años después del Big Bang. Esta detección no se realizó con el efecto de lente gravitatoria sino con técnicas de observación tradicionales, pero supone un ejemplo de la potencia de las primeras: este resultado ha requerido cientos de horas de observación, en tanto que mediante el efecto lente podría haber supuesto tan solo unas pocas horas de tiempo de telescopio.

Como ven, el viaje de los fotones durante miles de millones de años se traduce en récords verdaderamente pasajeros.



La galaxia MACS0647-JD, cuya imagen aparece por triplicado debido al efecto lente producido por un cúmulo de galaxias. Fuente: CLASH.

**Silbia López de Lacalle (IAA-CSIC)**

Este artículo aparece en el número 40, julio 2013,  
de la revista *Información y Actualidad Astronómica*,  
del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)