

La paradoja de Olbers en la cosmología actual

Josep Emili Arias
cel_ras@hotmail.com

Hoy, sí es plausible considerar la existencia de otros mundos donde no transcurran ciclos de noches oscuras. En tiempos de Heinrich Olbers aún se desconocía la existencia de sistemas estelares dobles y múltiples, y de los cúmulos globulares. Habrá mundos insertados en lo más profundo de racimos esféricos de estrellas, al igual que planetas que co-orbiten en sistemas estelares triples, donde el total de su superficie esférica permanezca exenta de todo ciclo oscuro.

¿Por qué es oscura la noche?. En el s. XVIII la cuestión era debatida por bastantes astrónomos, Edmundo Halley, Philippe Loys De Cheseaux y otros. Esta paradoja surgió a raíz de las incoherencias que mostraba la cosmología newtoniana. Tal universo euclídeo (plano), estático e

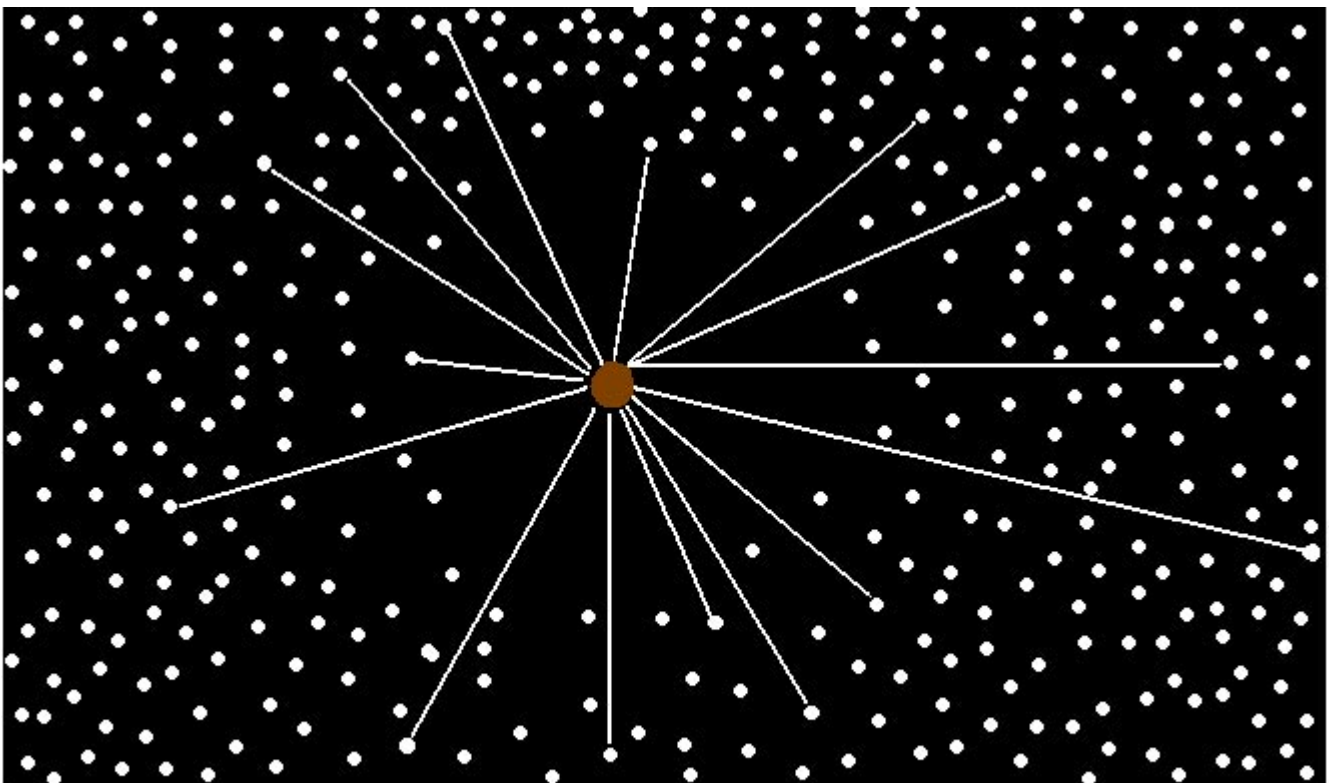


FIGURA 1. PLANTEAMIENTO DE LA PARADOJA DE OLBERS. EN UN UNIVERSO SATURADO DE ESTRELLAS HASTA EL INFINITO, TODA LÍNEA VISUAL ACABA INTERSECTANDO, ANTES O DESPUÉS, CON LA SUPERFICIE DE UNA ESTRELLA. CONCLUYENDO, EL CIELO NOCTURNO NO PUEDE SER NEGRO, DEBERÍA DESLUMBRARNOS.



HEINRICH WILHELM MATTHÄUS OLBERS (ARBERGEN, CERCA DE BREMA, 11 DE OCTUBRE DE 1758 - BREMA, 2 DE MARZO DE 1840)

infinitamente viejo (sin comienzo) que postulaban Newton y Bentley requería para su estabilidad que en la infinitud del espacio se distribuyesen, de forma homogénea e isotrópica (en todas direcciones por igual), un entretelado de infinitas estrellas. De esta forma, Newton conseguía contrarrestar el más mínimo desequilibrio gravitatorio interestelar, evitando, así, la hecatombe de un colapso cósmico global.

En 1823, el astrónomo y oftalmólogo alemán Heinrich Olbers, planteó la conocida paradoja: «Si en un universo infinitamente viejo y espacialmente infinito y que está poblado por una cantidad infinita de estrellas de luminosidad constante, en toda línea

de visión, tarde o temprano vamos a toparnos con la superficie de una estrella. Pero, entonces, ¿por qué la noche no nos deslumbra?». (Ver figura 1).

La paradoja, en su versión correcta, bien tenía en cuenta la caída de la luminosidad debida a la ley del cuadrado inverso de la distancia. Pero, para este universo euclídeo, estático y eterno, el flujo

total de radiación luminosa salido de cualquier estrella adquiriría un valor infinito como resultado de ir superponiendo una infinidad de capas esféricas del universo. Desde cualquier visual debíamos toparnos con la superficie de una estrella. Dicho de otro modo, todo punto en la esfera celeste debía estar ocupado por la superficie de una estrella. Así, lo que llamamos noche, debería mostrar un cielo nocturno extremadamente brillante y abrasador en todas las direcciones celestes.

En 1744, Jean-Philippe Loys De Cheseaux fue el primero en sugerir que el espacio interestelar estaba ocupado por una sustancia (o éter) que no era transparente y que conseguía absorber una

pequeñísima fracción de esta luz que la atraviesa. A principios del s. XIX, Heinrich Olbers apoyó esta hipótesis de la ligera absorción de luz por nube interestelar absorbente y que bien podía explicar la existencia del oscuro cielo nocturno. Pero tal razonamiento contradecía las incipientes leyes de la termodinámica que empezaban a tomar gran auge. La termodinámica terminó por invalidar toda hipótesis respecto a la absorción de luz por interposición de nube interestelar (de gas y polvo). Cualquier material que absorba luz, tras un exceso de esta energía acumulada, a la larga, debe volver a reemitir al espacio toda la radiación original retenida.

Un buen ejemplo de esto nos lo ofrece la nebulosa de emisión NGC 7000, conocida como nebulosa Norteamericana. La cercanía de la estrella supergigante *Deneb* hace que su radiación lumínica acumulada sea la responsable de hacer resplandecer el gas de hidrógeno de esta nebulosa en la constelación de *Cygnus*.

¿Dónde se malogra la paradoja?

Para nuestro actual modelo de universo abierto la expansión continuará siempre, de forma indefinida, si bien, cada vez, a un ritmo más lento. En principio, con el paso del tiempo, deberíamos advertir la llegada de nuevos objetos luminosos cada vez más lejanos, hasta dejar la noche inundada de brillo.

Pero de una forma radical e inapelable, los factores que consiguen abortar y resolver la tan manida paradoja, son: la termodinámica, la propia velocidad finita de la luz (que no instantánea), la expansión cósmica y el corrimiento al rojo de la luz. Pues la vida de las estrellas es finita y no duran lo suficiente como para garantizar el relleno completo (o el solapado) de puntos luminosos en la esfera celeste que haga que la noche nos deslumbre. La 2ª ley de la termodinámica nos dice que la energía, de forma progresiva e irreversible, se disipa, y llegará el momento en que las últimas nebulosas habrán parido la última generación de estrellas las cuales agotarán su último recurso energético. Será la «muerte térmica» que deparará a las galaxias en nuestro actual modelo de universo abierto y de expansión indefinida hacia el infinito.

Actualmente, nuestro universo circunscribe un modelo esférico de espacio-tiempo de edad finita y medible, carente de bordes y de centro, y que se encuentra en un ciclo de expansión acelerada, cuyo radio teórico se ha extendido hasta los 13.700 millones de años-luz. Y, más aún, considerando el tan probable déficit de materia-energía total (inferior a la densidad crítica) que imposibilitará, gravitatoriamente, el poder contrarrestar y detener la expansión cósmica. Irremisiblemente, el universo se encaminará hacia un modelo de universo abierto con una expansión indefinida

e imparabla hacia el infinito y abocado a la oscuridad total por «muerte térmica» (muerte energética) del propio universo.

Por la otra parte, de considerar un superávit en la materia-energía global (suma de materia oscura, exótica y de la convencional) que superase el valor de la densidad crítica (5 átomos H/m^3), nos situaría en un modelo de universo cerrado, de escaso respaldo teórico y observacional, pero que sí nos pronosticaría el que, con el paso del tiempo, el cielo nocturno se hiciese cada vez más y más brillante, sobre todo en las últimas etapas hacia la gran contracción, *Big Crunch*.

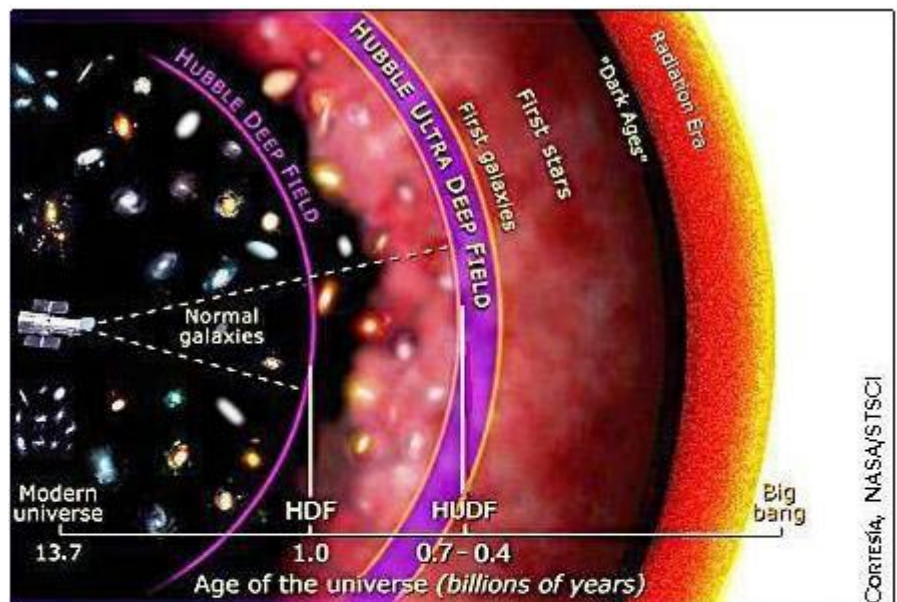
La expansión retarda la luz

Fue el poeta gótico Edgar Allan Poe, amante de la astronomía,

quien en su ensayo cosmológico *Eureka* (1848) resolvía la paradoja con bastante acierto: «La única forma de explicar los huecos oscuros que encuentran nuestros telescopios en cualquier dirección que se mire, sería considerando que la distancia al fondo oscuro e invisible es de tal inmensidad que ningún rayo de luz procedente de allí ha tenido el tiempo suficiente para llegar hasta nosotros». Poe creía en un universo que no fuese infinitamente viejo, sino que tuviera un comienzo en el tiempo (lo que hoy conocemos como el *Big Bang*).

En efecto, éste era un buen planteamiento para resolver la paradoja.

La opción más simple para poder resolver este conflicto cos-



El telescopio Hubble no puede visualizar la luz de las primitivas y tan remotas galaxias formadas en la edad tempranísima del universo, con anterioridad a los 700 millones de años-luz desde el Big-Bang, porque en su extremado corrimiento al rojo de la onda luminosa ésta traspasa al contiguo e invisible espectro infrarrojo. Pero, también es, allí, a esa extrema distancia del espacio ultra profundo donde se sitúa el límite temporal o distancia máxima observable llamado, horizonte de partícula fotónica.

mológico consistía en invalidar ese universo repleto de infinitas estrellas (al que hoy añadimos galaxias, cuásares, supercúmulos galácticos y cúmulos globulares) y, a la vez, negar toda eternidad hacia el pasado.

Antes de los trabajos de Edwin Hubble en Monte Wilson (1924-1929) sobre el incremento lineal en el distanciamiento que experimentan las galaxias (debido a la expansión), todavía persistía la creencia en un universo estático e infinitamente viejo. Los resultados del satélite COBE (1992) arrojaron de forma concluyente que la edad del universo es finita y tuvo su inicio en la singularidad del *Big-Bang*, hace de ello 13.700 millones de años, según

estudios más recientes. Estos hechos evidenciables han contribuido a resolver la paradoja.

Con respecto a la velocidad finita de la luz, y obedeciendo la teoría de la Relatividad Especial, existe un horizonte límite observable llamado *horizonte de partícula fotónica*, que definimos como límite temporal (1) o distancia máxima desde la cual un fotón a velocidad finita puede haber viajado en el tiempo, hasta alcanzar al observador. Vivimos en un universo lo bastante joven donde los primitivos fotones de luz emitidos por las primeras estrellas y galaxias del espacio ultra profundo, creadas éstas en una edad tempranísima con anterioridad a los 700 millones de

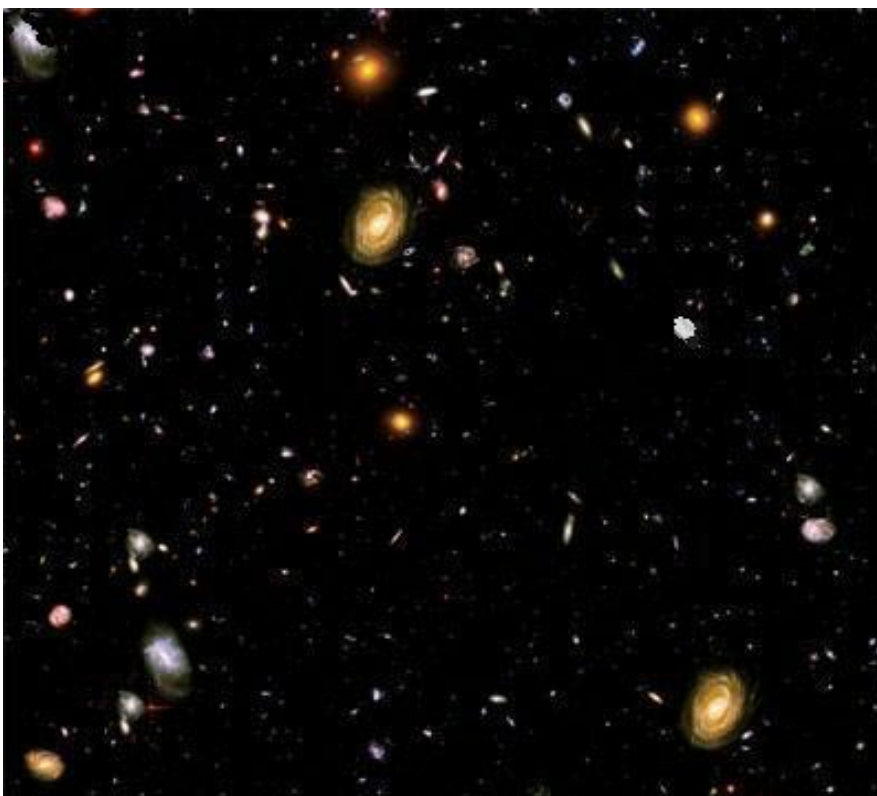
años-luz del *Big Bang*, todavía esta remota luz no ha tenido el tiempo suficiente para alcanzar la Tierra, ni siquiera ser visualizada por nuestros más potentes telescopios (ver imagen 2).

Con el paso del tiempo el ritmo de expansión, H_0 (*Constante de Hubble* estimada en una velocidad promedio de 69 y 71 km/s por cada un megaparsec de distancia), ha distanciado, de una forma exponencial, las distancias más extremas del universo. Retardando, así, la llegada de toda remota luz salida del espacio ultra profundo, ya que esta luz está obligada a recorrer más espacio -nuevo- sobreañadido.

Concluyendo que dentro de nuestro horizonte visible sólo podemos ver un número de estrellas y de galaxias que es finito y limitado, muy insuficiente para conseguir un solapamiento de puntos luminosos (estrellas, galaxias, cúmulos globulares) que hagan brillar el cielo nocturno. De hecho, una gran mayoría de las líneas visuales no intersecta con la luz de ninguna galaxia. (Ver imagen 3)

El corrimiento al rojo oscurece la luz

De una forma global, es la totalidad del espacio el que se expande «con» el universo. Evitemos la confusa y tan errada expresión: “El espacio se expande «en» el universo”. Retomando el tema, este lineal distanciamiento cos-



EN UN UNIVERSO EN EXPANSIÓN, donde el número de galaxias es finito e insuficiente, una gran mayoría de líneas visuales no intersectan con ninguna galaxia. NUESTRO CIELO NOCTURNO ES MAYORITARIAMENTE OSCURO.

mológico provoca en cualquier onda de luz lejana (galaxia, cuásar, cúmulo galáctico y globular) que su propia longitud de onda se tense y se alargue. Tal dilatación o estiramiento de la longitud de onda hace disminuir la frecuencia que conlleva una caída energética, desplazando esta merma de onda de luz hacia el extremo más rojo del espectro visible. Pero a grandes distancias, más y más lejanas, la onda de luz sufre un desmesurado corrimiento al extremo más rojo del espectro visible, llegando a transformarse en una onda invisible del contiguo espectro infrarrojo y, luego, de las de radio. Dejando, así, de contribuir al brillo del cielo nocturno.

Recordar que la máxima consecuencia de estirar (dilatar) cualquier longitud de onda electromagnética al infinito (lo que llamamos onda plana) causa su pérdida total de energía. Los agujeros negros son el máximo exponente de este corrimiento al rojo de la luz por efecto gravitatorio. En el horizonte de un agujero negro es aniquilada cualquier manifestación de toda onda electromagnética que pretenda traspasar este horizonte, ya sea, R_x , R_γ , onda de luz, infrarroja o de radio.

La noche sí es brillante a las microondas

La única forma con que el planteamiento de la paradoja de Olbers conllevaría mucha razón sería si nuestra fisiología dis-

pusiese de órganos sensitivos a las radiofrecuencias y con los cuales poder «escuchar», desde todas las direcciones de la esfera cósmica, ese uniforme y perpetuo brillo de radiación isotrópica de microondas, una emisión de cuerpo negro de tan sólo 2,7 °K. Estaríamos escuchando la radiación fósil del primordial *Big Bang*, el eco de fondo térmico de la primigenia explosión cósmica, venido desde todas las direcciones del universo. Por tanto, el cielo diurno y nocturno resultan brillantes y livianamente calientes en el espectro de las microondas, más concretamente, en los 7,35 centímetros de longitud de onda.

Esta fosilizada radiación de fondo cósmica es llamada como radiación isotrópica de cuerpo negro porque esta radiación electromagnética es emitida desde un cuerpo idealizado y cuya longitud de onda es emitida de forma muy uniforme y con idéntica intensidad de radiación desde todas las direcciones del cielo.

Notas:

(1). En la disciplina cosmológica, en muchísimas ocasiones, los conceptos de edad, tiempo y distancia son sinónimos.

Bibliografía:

David Galidí Enríquez, *A ras de cielo*, (Capítulo 13). Barcelona 1998

George Smoot – Keay Davidson, *Arrugas en el tiempo*,

(Plaza&Janes). Barcelona 1994, pp. 42-45, 105.

V. J. Martínez, J.A. Miralles, E. Marco y D. Galidí-Enríquez. *Astronomía fundamental*, Publicacions Universitat de València (PUV). Valencia 2005, pp. 256, 257.

Cayetano López, *Universo sin fin*, (Taurus). Madrid 1999, pp. 220, 221.