



¿Por qué la noche es oscura?

Carlos Velázquez

Ahora responderemos una de las preguntas que nos han intrigado desde la primera vez que vimos las estrellas en el cielo ¿Por qué la noche es oscura?

En física muchas veces resulta que las preguntas más inocentes son las que nos llevan a los problemas más difíciles y a los razonamientos más fructíferos. ¿Recuerdas cuándo preguntaste por primera vez por qué la noche es oscura y por qué las estrellas no nos iluminan si también son soles? A estas preguntas nuestra diligente y sabia madre seguramente respondió: “es que aunque las estrellas son tan grandes como el Sol están tan lejos que apenas y alcanzamos a verlas, y además las que podemos ver son muy poquitas”. Pero seguramente ya no pudo responder la

pregunta crucial de por qué son tan poquitas y nos respondió diciendo que así son las cosas o que así es el universo. Quizá el caso quedó cerrado en nuestra infancia pero es una pregunta crucial que nos lleva a los primeros razonamientos serios sobre cuál es la estructura de nuestro universo en gran escala

El cazador de cometas

Heinrich Wilhelm Matthäus Olbers fue el típico hombre de conocimiento en la Europa del siglo XIX. Nació en Arbergen, Alemania, en 1758 y se graduó como médico en Göttingen en 1780, oficio que continuó practicando hasta 1823. Sin embargo Olbers es más recordado por sus contribuciones a la astronomía, pasión a la que dedicaba su tiempo libre por las noches; hubiera sido difícil hacerlo en aquel entonces durante el día, cosa que hoy sí es factible.

Olbers fue un hábil cazador de cometas y asteroides y de hecho fue parte de la llamada policía celestial, un grupo de astrónomos que se dio a la tarea de encontrar el planeta perdido que según la teoría de Titus-Bode se debía encontrar en algún lugar entre la órbita de Marte y la de Júpiter. Esta teoría consiste en un arreglo numérico en el que encajan las distancias a las que se encuentran los planetas que en ese momento se conocían: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno, y aunque resultó todavía válida con el siguiente planeta que se descubrió, Urano, falló por mucho en el caso de Neptuno. Hoy en día no se la considera una teoría astronómica rigurosa.

El descubrimiento de los asteroides y la historia de la policía celestial van de la mano. El primer descubrimiento de un objeto entre la órbita de Marte y Júpiter se debió a Giuseppe Piazzi. El 1 de enero de 1801, Piazzi observó con su telescopio un pequeño objeto que parecía una débil estrella en la constelación de Tauro. Cuando lo trató de observar al día siguiente constató que se había movido. Piazzi lo llamó Ceres en honor a la diosa romana de la agricultura.

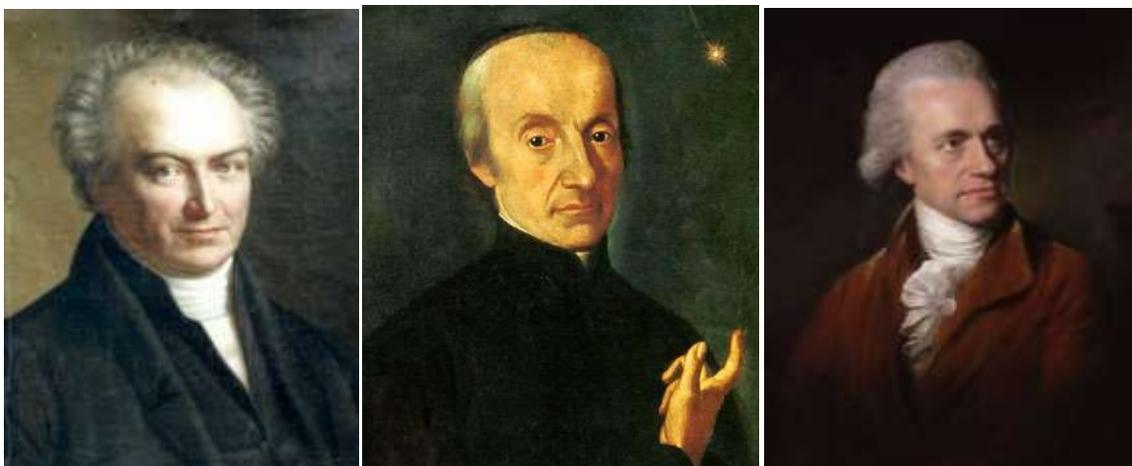


Figura 1. Wilhelm Olbers, Giuseppe Piazzi y William Herschel, miembros de la policía celestial. Olbers descubrió cometas y planteó la paradoja que lleva su nombre, Piazzi fue el primero en descubrir un asteroide y Herschel es recordado como descubridor de Urano. Imágenes tomadas de: http://3.bp.blogspot.com/-K3HeeyPezTM/U3d57GE87_I/AAAAAAAAAoE/JZx30KFLp1Y/s1600/370.jpg
<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/p/fotos/piazzi.jpg>
http://es.wikipedia.org/wiki/William_Herschel

Posteriormente se comprobó que debido a su movimiento debía tratarse de un objeto situado entre la órbita de Marte y la de Júpiter, por lo que se convirtió en candidato a ser el planeta perdido. Es curioso saber que Piazzi realizó su descubrimiento cuando iba a recibir la invitación a ser parte de la policía celestial.

Sin embargo, la historia de los asteroides y el planeta escondido sólo acababa de comenzar, pues al año siguiente, en 1802, Olbers descubrió otro objeto que se encontraba casi a la misma distancia del Sol que Ceres, y lo llamó Palas. Esto dejó bastante desconcertados a todos ya que parecía indicar que había dos planetas ocupando una órbita similar. Para tratar de salvar la situación y conservar la validez de la ley de Titus-Bode, Herschel, uno de los miembros de la mencionada policía, lanzó la idea de que ambos objetos eran parte de un cometa fragmentado o de un planeta que se había desintegrado (Eran pocos los que se inclinaban a pensar en estos objetos como pequeños planetas, ya que entonces su

interacción gravitacional los hubiera vuelto inestables.) y propuso el nuevo nombre de asteroides para Ceres y Palas. Aunque en su momento su propuesta no tuvo mucho respaldo, el nombre fue ganando terreno y al final terminó ganando adeptos. A partir de entonces el número de asteroides que conocemos se ha incrementado año con año.

Olbers también observó por vez primera varios cometas y calculó la trayectoria de muchos otros que ya habían sido observados. Sin embargo se le recuerda principalmente por la forma en que trató de resolver por qué el cielo nocturno es tan oscuro.

Una pregunta obvia sin una respuesta obvia

¿Cuál es el problema de que la noche sea oscura? El problema sólo lo podemos comprender si pensamos en nuestro universo en gran escala, es decir, en la totalidad de su estructura.

Olbers no fue el primero en preguntarse esto científicamente, el primero que lo hizo, lo registró y trató de dar una respuesta convincente fue Thomas Digges en la Inglaterra de 1576. Para comprender la importancia de las ideas de Digges debemos entender el contexto en que se desarrollaron sus razonamientos. Era un defensor de las nuevas ideas que Copérnico había lanzado y que describió en su libro *Sobre las revoluciones de las esferas celestes*, publicado póstumamente en 1543. En él Copérnico proponía un sistema heliocéntrico en contraposición con el sistema geocéntrico adoptado por la Iglesia y derivado de la filosofía aristotélica, donde la Tierra era el centro del universo y los objetos celestiales giraban alrededor de ella, con las estrellas fijas en una esfera lejana que servía como telón de fondo. Por su parte, la teoría de Copérnico ponía al Sol en el centro del universo, con los planetas orbitando alrededor de él, pero con las estrellas aún fijas en una esfera celestial que se encontraba a una gran distancia del Sol.

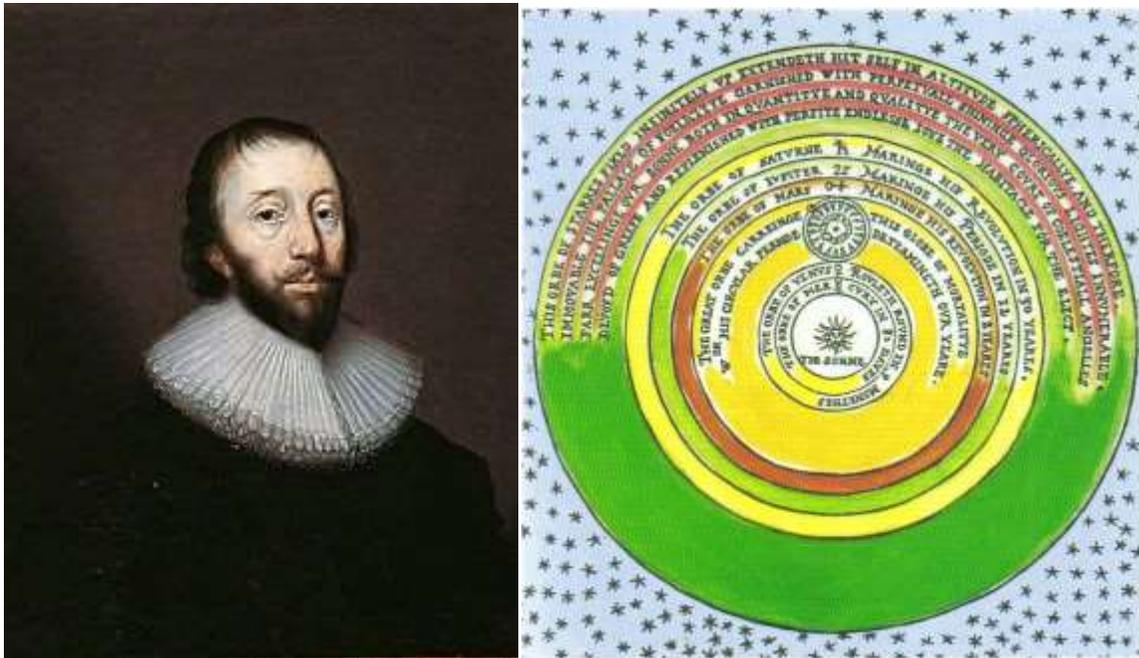


Figura 2. Thomas Digges fue un copernicano radical que llevó las ideas de su maestro mucho más adelante, y se dio cuenta de que la oscuridad de la noche implicaba un reto para las nuevas ideas.

Imágenes tomadas de: <http://eltamiz.com/images/2011/March/universo-digges.jpg>
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5b/Sir_Dudley_Digges_%28c._1583_%E2%80%93_1639%29.jpeg/220px-Sir_Dudley_Digges_%28c._1583_%E2%80%93_1639%29.jpeg

Digges fue más allá que su maestro, para él la esencia de la teoría copernicana era que no había un punto privilegiado en el universo y que el Sol era sólo una estrella más. En consecuencia, defendió la idea de que el universo era homogéneo e infinito y que las estrellas estaban repartidas de manera aleatoria en todas direcciones y alejadas de la Tierra, y no fijas en una esfera celeste.

Las ideas de Digges resultaban de una claridad muy atractiva, pero como él mismo notó, esto implicaba un problema imprevisto: si las estrellas están repartidas de manera aleatoria por todos lados y el universo es infinito tanto en edad como en extensión y en número de estrellas, entonces ¿por qué no vemos la luz de todas esas estrellas en la noche? La respuesta que dio Digges es que todas ellas deben estar muy

pero muy lejos, y que por lo tanto no las podemos ver brillar con fuerza. Pero estas suposiciones resultaron ser incorrectas, como mostraremos en un momento.

Donde hay materia hay geometría

En realidad la respuesta de Digges dio luz al hecho de que la pregunta era muy seria, y todos los grandes astrónomos se propusieron responderla.



Figura 3. Johannes Kepler sostuvo que debíamos habitar en un universo finito. En su momento su idea tuvo apoyo, pero después fue criticada con base en la mecánica desarrollada por Newton. Hoy en día creemos que su noción de un universo finito es correcta. Imágenes tomadas de: http://es.wikipedia.org/wiki/Johannes_Kepler
<https://estudiarfisica.wordpress.com/2013/10/25/la-cosmologia-de-friedmann-robertson-walker-universos-dominados-por-materia-radiacion-energia-oscura-y-sus-propiedades-generales/>

La inconformidad con la respuesta de Digges consistía en que en un universo donde hay infinidad de estrellas repartidas de manera equitativa en todo el espacio, si uno se sitúa en un punto arbitrario y a partir de ahí empieza a trazar esferas concéntricas, va a ver que mientras más lejanas estén las estrellas éstas iluminan menos, pero que este efecto se

compensa con el hecho de que hay más y más estrellas. Esto quiere decir que no importa qué tan lejana sea la distancia que consideremos, las estrellas que encontremos deben iluminar con igual energía a la Tierra o a cualquier otro punto.

Continuando la historia, uno de los más eminentes astrónomos que abordó este problema fue el notable Johannes Kepler. Él fue quizá el astrónomo más importante del siglo XVII; fue capaz de establecer las leyes geométricas del movimiento de los planetas utilizando los datos recopilados por otro brillante astrónomo, Tycho Brahe. Kepler supo gracias a su enorme intuición astronómica que el problema del cielo oscuro era de vital importancia, y después de pensarlo bastante llegó a la conclusión de que la única explicación posible era que el universo era en realidad finito y que por lo tanto contenía un número finito de estrellas.

En su momento este argumento fue muy convincente, pero a la naturaleza le gusta gastarnos bromas, y en gran medida fueron todos los descubrimientos de Kepler los que harían que su hipótesis sobre el universo finito se desechara. Para comprender por qué ocurrió esto debemos saber que las leyes de Kepler del movimiento planetario fueron la prueba definitiva para las nuevas ideas que Sir Isaac Newton desarrolló y propuso como leyes de la gravitación universal, y que plantean en resumen que todos los cuerpos se atraen con una fuerza proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia. Era claro que si el universo era finito y era verdadera la ley de la constante atracción, el universo colapsaría, por lo que las teorías de Newton sugerían fuertemente un universo infinito y homogéneo.

De vuelta con Olbers

En realidad, la explicación que hicimos de la paradoja del cielo iluminado utilizando esferas concéntricas es muy cercana a la exposición de la paradoja que realizó otro astrónomo, Jean Phillippe Loys de Chesaux, quien en 1744 hizo una derivación matemática rigurosa y mostró que el cielo

debía estar completamente iluminado. Sin embargo, para acabar de mostrar cuál es el problema con un universo infinito usaremos el planteamiento original de Olbers: en un universo infinito, si uno elige una dirección arbitraria y traza una recta en esa dirección, ésta tiene que terminar llegando a la superficie de una estrella. Si la estrella es muy lejana, la intensidad que percibamos va a ser muy tenue, pero también va a ser muy poca el área de visión que ocupe la estrella, de modo que entre más lejos esté, menos va a "estorbar" para que otras estrellas nos iluminen.

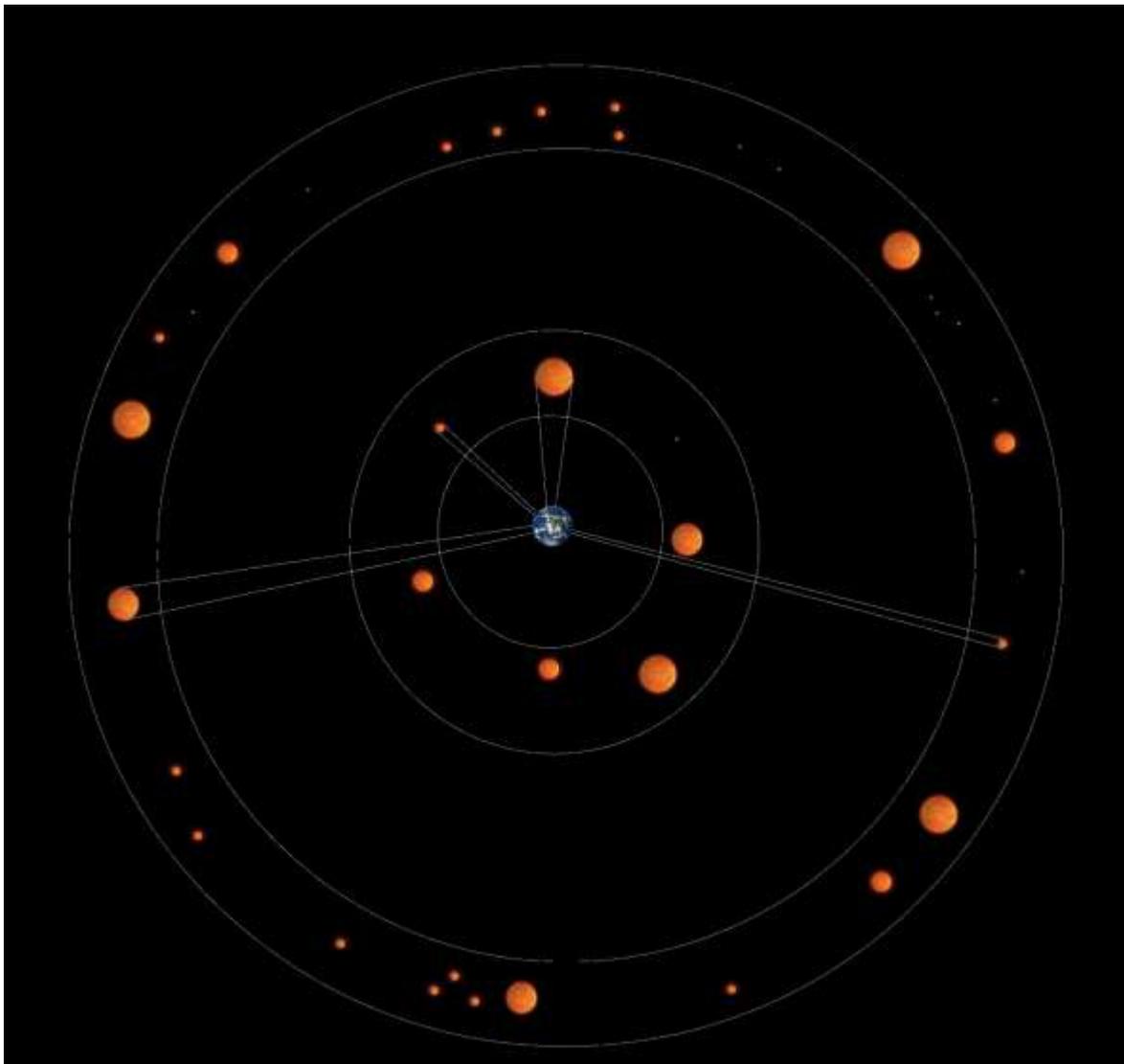


Figura 4. Razonamiento de Olbers. Si la densidad promedio de estrellas es la misma en todo el universo, a medida que vamos considerando distancias más lejanas, las estrellas nos iluminan con menos intensidad, pero este efecto se ve compensado por la mayor cantidad de estrellas que hay en una esfera de radio mayor, o de manera equivalente, entre más pequeña vemos una estrella, entonces "estorba menos" a otras estrellas para que nos iluminen. Imagen creada por el autor.

Calculando con cuidado resulta que cualquier sector del cielo nos va a iluminar con la intensidad de una estrella promedio. Al completar el cálculo nos podemos dar cuenta de que la luz del cielo estrellado debería ser ¡180,000 veces más intensa que la luz del Sol que llega hasta nosotros!

La respuesta que Olbers mismo dio a este grave problema fue que debía haber muchos objetos (polvo, estrellas opacas, etc.) que impedían que la luz de las estrellas llegara hasta nosotros. Sin embargo, como Herschel demostró tiempo después, esto no resolvía la paradoja ya que el polvo mismo se vería sometido a esta radiación y rápidamente se calentaría y emitiría casi toda la energía que le llegara.

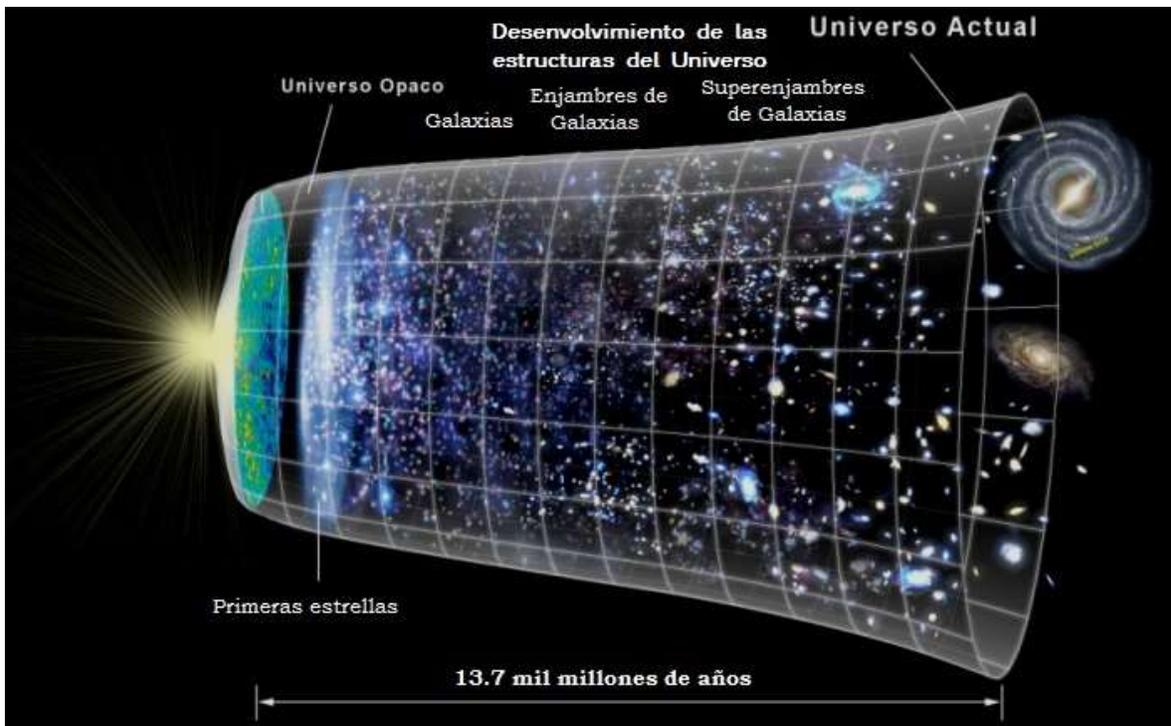
Las dos respuestas

Para finalizar y saber por dónde va la respuesta que hoy en día le damos a la paradoja de Olbers, detengámonos un momento a reconsiderar cuáles son las suposiciones que están detrás de este razonamiento:

- 1) El universo es homogéneo: esto quiere decir que la distancia promedio entre las estrellas y la luminosidad promedio de las estrellas es la misma en todas partes.
- 2) El universo no experimenta cambios en el tiempo cuando se le mira en una escala suficientemente grande; o sea, es esencialmente invariante en el tiempo.
- 3) No hay movimientos sistemáticos que ocurran en el universo como un todo.
- 4) Todas las leyes de la física siempre son aplicables.

Hoy en día pensamos que (1) y (4) deben ser ciertas, ya que aunque las estrellas están agrupadas en galaxias, la densidad promedio de las galaxias mismas --o sea, las galaxias que hay por unidad de volumen en el universo-- parece ser homogénea, y hasta donde sabemos las leyes de la física son de aplicación universal. Por lo tanto, en (2) y (3) están los errores de las suposiciones de Olbers.

En 1952 el físico y matemático Hermann Bondi argumentó que bastaba con que (3) no fuera cierto, más algunas suposiciones extra, para explicar por qué el cielo nocturno es oscuro. El meollo de su argumento era que en ese momento se sabía que el universo se estaba expandiendo como un todo, y cuando un objeto emisor de luz, como una estrella, se aleja con suficiente velocidad de un punto dado, la luz que llega hasta ese punto cambia su frecuencia; a esto lo llamamos corrimiento al rojo, y es parecido al cambio de sonido que ocurre cuando se aleja una ambulancia, o efecto Doppler.



La teoría de la Gran Explosión o Big Bang es también una respuesta a la paradoja de Olbers. En la ilustración vemos una representación de la expansión del universo a partir

de la Gran Explosión o *Big Bang* y los principales acontecimientos a lo largo de su historia.

Imagen tomada de: http://www.crepusculis.net/portal/images/uni_evo.jpg

De modo que Bondi suponía que en realidad sí tenemos un cielo iluminado, pero en frecuencias distintas de la luz visible, y por eso lo percibimos como oscuro. Ésta y otras ideas fueron las precursoras de la observación astronómica en frecuencias electromagnéticas distintas a la luz visible.

Aunque esta explicación tuvo su periodo de auge, en 1965 Arno Penzias y Robert Wilson descubrieron la radiación de fondo, lo que le dio un fuerte respaldo a la teoría de la Gran Explosión o *Big Bang*. Esta teoría automáticamente aseguraba que tanto el punto (2) como el punto (3) eran los que debían ser falsos, ya que el universo tiene una edad finita y también experimenta un movimiento expansivo, como un todo.

Finalmente, y para ponerlo en términos simples aunque no tan rigurosos, el universo nació de una gran explosión hace unos 13,500 millones de años y a partir de ese momento comenzó a expandirse, pero las estrellas no comenzaron a formarse sino hasta hace aproximadamente 400 millones de años después de la Gran Explosión y no empezaron a ser predominantes sino hasta hace unos 10,000 millones de años. Al final resulta que la idea de Kepler no estaba errada en su esencia: vivimos en un universo finito, pero ahora sabemos más que eso: también tuvo un inicio, y además se está moviendo como un todo. Ahora, si lo queremos ver desde otra perspectiva, también es cierto que la mayor parte de la materia del universo no está contenida en las estrellas. En realidad, la materia radiante o que produce luz que podemos ver, es sólo una mínima parte de la que existe en el universo. Pero esto tiene que ver con otro tema apasionante de la física de hoy en día llamado materia oscura, que es parte de un acertijo aún mayor: la energía oscura.

Bien, esto ha sido todo por ahora. Espero que hayan gozado el hecho de poder pensar en nuestro universo como un todo. Les recuerdo que nada, ni padres, ni opiniones científicas, y menos este artículo junto con las grandes ignorancias de su autor, deben impedir la más grande de las libertades que tienen: imaginar, crear escenarios posibles de lo que ha pasado, y sobre todo mantener los ojos abiertos y hacer preguntas impertinentes. Hasta luego.

Bibliografía

- David Newton, *Olbers' Paradox. A Review of Resolutions to this Paradox*, Departamento de Física y Astronomía, Universidad de Leeds, Leeds, Inglaterra, 2001.
- Jim Bill, *El libro de la astronomía: desde el inicio hasta el final del tiempo: 250 hitos en la historia del espacio y la astronomía*, Librero, Madrid, España, 2014 (traducción: Joan Andreano Weyland).

Puedes saber más sobre el Universo y los meteoritos leyendo estos artículos aquí en nuestro Portal Cienciorama:

- Héctor Zenil Chávez, “La expansión del universo”, portal *Cienciorama*.
- Héctor Zenil Chávez, “La radiación cósmica de fondo”, Héctor Zenil Chávez, Portal *Cienciorama*.
- Héctor Zenil Chávez, “La edad del universo”, Héctor Zenil Chávez, Portal *Cienciorama*.
- Octavio Lara Lima, “A la búsqueda de meteoritos”, Portal *Cienciorama*.