

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Rector: Dr. Guillermo R. Tamarit

Vicerrectora: Mg. Danya V. Tavela

Secretaria Académica: Abog. Ma. Florencia Castro

Secretaria de Investigación, Desarrollo y Transferencia: Mg. Silvina Sansarriq

Secretario de Extensión Universitaria: Lic. Juan P. Itoiz

Secretario General: Abog. Diego J. Batalla

Secretaria de Asuntos Económico-Financieros: Cdora. Mariela E. García

Secretaria de Cultura: Lic. Laura Durán

Directora Centro de Edición y Diseño: Mg. Ma. de las Mercedes Filpe

Guardasellos: Ing. Luis J. Lima

DIRECTOR DE LA REVISTA

Dr. Ángel L. Plastino

SUMARIO

#4 FORMACIÓN PARA EL DESARROLLO HUMANO

PÁG. 4 — SÍMIL ENTRE TRANSICIONES DE FASE EN FÍSICA Y COLAPSO DE ANTIGUAS CIVILIZACIONES

JUAN C. FLORES ARAYA

PÁG. 12 — DESCUBRIENDO EL UNIVERSO: LAS PIEZAS OSCURAS DEL ROMPECABEZAS CÓSMICO

CLAUDIA G. SCÓCCOLA

PÁG. 21 — ACERCA DEL ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DE LOS CUERPOS MATERIALES

LUIS J. LIMA

PÁG. 44 — CÓMO, CUÁNTO, CUÁLES Y POR QUÉ: UN ANÁLISIS DE LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS DE LA PALEOMASTOZOLOGÍA ARGENTINA

EDGARDO ORTIZ JAUREGUIZAR; PAULA POSADAS

Edita



CEDI Centro de Edición y Diseño. UNNOBA
DCV Ma. de las Mercedes Filpe

Callao 289 3.º piso, CP.1022
Tel 54 11 53531520. Ciudad Autónoma
de Buenos Aires, Argentina

Diseño y diagramación

CEDI Centro de Edición y Diseño
Coordinador: DCV Cristian Rava,
DCV Claudia Di Paola, DCV Bernabé Díaz

Corrector de estilo: Mariángel Mauri
Fotografía: DG Sofía Ginestra

Impresión

Imaginaria S.A. | Presspoint

Año 3 N.º 4

Abril de 2017

Tirada 500 ejemplares

ISSN 2408-4492

Queda hecho el depósito
que marca la ley 11723

*Se invita a potenciales colaboradores
a remitir sus trabajos al CEDI
(cedi@unnoba.edu.ar)*

Sede Junín

Libertad 555, CP. 6000
Tel 54 236 4407750
Junín, prov. de Buenos Aires, Argentina

Sede Pergamino

Monteagudo 2772, CP. 2700
Tel 54 2477 409500.
Pergamino, prov. de Buenos Aires, Argentina

www.unnoba.edu.ar

EDITORIAL

Acercamos al amable lector el cuarto número de nuestra revista de divulgación científica *NÚCLEOS*, de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, en el que se tratan asuntos de diversa naturaleza, referidos a distintos campos de la actividad científico-tecnológica, de gran relevancia, con interesante e importante temática.

En la página 4, Juan C. Flores Arraya construye un fascinante símil entre un fenómeno básico de la física, las llamadas transiciones de fase, y un fenómeno histórico-antropológico: el colapso de antiguas civilizaciones.

Pasamos a la astronomía en la página 12. Allí Claudia Scoccola nos habla sobre cómo se construye nuestra actual visión del Universo.

En la página 21, Luis J. Lima nos presenta un tema tecnológico de inmensa importancia: la resistencia de los cuerpos materiales.

Para finalizar, en la página 44 Edgardo Ortiz Jaureguizar y Paula Posadas, en una vena histórico-biológica, nos hablan sobre la paleomastozoología en nuestro país en los últimos treinta años.

Confiamos plenamente en que este abanico de problemáticas tan variadas pueda suscitar el interés de nuestros lectores en esta cuarta entrega.

Dr. Ángel Luis Plastino
Director revista NÚCLEOS

DESCUBRIENDO EL UNIVERSO: LAS PIEZAS OSCURAS DEL ROMPECABEZAS CÓSMICO

NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

A lo largo de los tiempos, la visión del hombre sobre su lugar en el mundo ha cambiado dramáticamente. En el siglo II d.C., Ptolomeo dejó plasmado en el *Almagesto*¹ un modelo de Universo geocéntrico en el que el Sol, la Luna y los planetas describían complicadas órbitas alrededor de la Tierra. Este modelo fue aceptado sin cuestionamientos durante más de quince siglos. Solo fue desplazado por el modelo heliocéntrico² de Copérnico, publicado póstumamente en la obra *Sobre las revoluciones de las esferas celestes*³ en 1543 d. C. Este trabajo sentó las bases de la astronomía moderna. Hoy sabemos que la Tierra pertenece a un sistema planetario que gira alrededor del Sol y que este forma parte de una galaxia: un conjunto de cien mil millones de estrellas que forman un único sistema ligado por la fuerza gravitatoria. Pero eso no es todo. Nuestra Galaxia forma parte de un grupo local de galaxias y, más aún, en el Universo visible hay aproximadamente cien mil millones de galaxias. Para poder explicar cuál es el modelo actual del Universo es necesario presentar dos hechos observacionales contundentes que dieron forma a lo que hoy llamamos Modelo Cosmológico Estándar: la expansión del Universo y el Fondo Cósmico de Radiación.

Notación científica

Dado que en astronomía aparecen escalas físicas muy dispares, es común que la magnitud de alguna cantidad en ciertas unidades sea un número muy grande o muy pequeño. Para tener una intuición más clara del orden de magnitud de la cantidad y, a la vez, facilitar la escritura, se utiliza la “notación científica”, en la que el número se escribe en unidades de potencias de 10. Así, cien mil millones puede escribirse como 10^{11} , y suele describirse coloquialmente como “un 1 seguido de 11 ceros”.

Por otra parte, un número muy pequeño puede representarse con potencias negativas de 10. Como veremos más adelante, las longitudes de onda de la luz visible se expresan en unidades de nanómetros, cuya relación con el metro es de $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 0,000000001$, es decir, “un 1 en la novena posición después del punto decimal”.

UNIVERSO EN EXPANSIÓN

Cuando hablamos de que el Universo se expande, estamos diciendo que la distancia entre cualquier par de puntos en el Universo está creciendo. No de cualquier manera, sino cada una de forma proporcional a sí misma. Se describe matemáticamente como:

$$r(t) = a(t) \cdot x$$

donde $r(t)$ es la distancia física entre dos puntos del espacio y x es la distancia comóvil, así llamada porque se mide en unidades que se estiran con la expansión y, por lo tanto, su magnitud permanece constante. El factor de expansión $a(t)$ describe cómo crecen las distancias en función del tiempo. Es decir, tiene en cuenta cómo se desarrolla la expansión. Pero ¿cómo se mide la expansión del Universo? Para responder esta pregunta, es necesario introducirnos en el mundo de la astronomía y recordar que mucho de lo que se sabe del Universo es debido a la observación de la luz que nos llega de objetos distantes. Si sabemos interpretar el efecto que tienen distintos fenómenos físicos en la luz que recibimos, podemos obtener información del Universo, algo fundamental para una rama de la ciencia en la que no es posible reproducir en un laboratorio las condiciones observadas en los sistemas astrofísicos y en el Universo en general.

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Cuando la luz pasa por un prisma, se descompone en los colores del arcoíris. Dicho de otra manera, la luz blanca está compuesta por ondas de distintas longitudes de onda, o colores. La luz de color violeta tiene una longitud de onda de 380 nm,⁴ mientras que la luz roja tiene una longitud de onda de 750 nm. Sin embargo, el espectro electromagnético es aún más extenso: abarca la radiación ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma hacia longitudes de onda más cortas, y el infrarrojo, microondas y ondas de radio hacia longitudes de onda más largas.

Figura 1. Espectro electromagnético.
Recuperado de: <http://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>
(NASA-Imagine the Universe!).
Traducción propia.

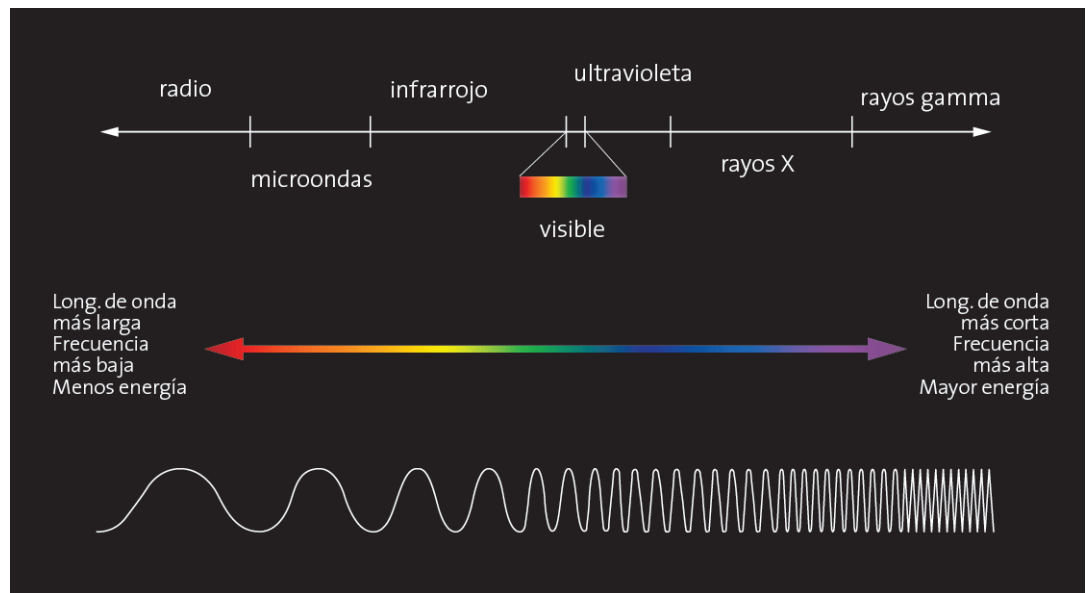
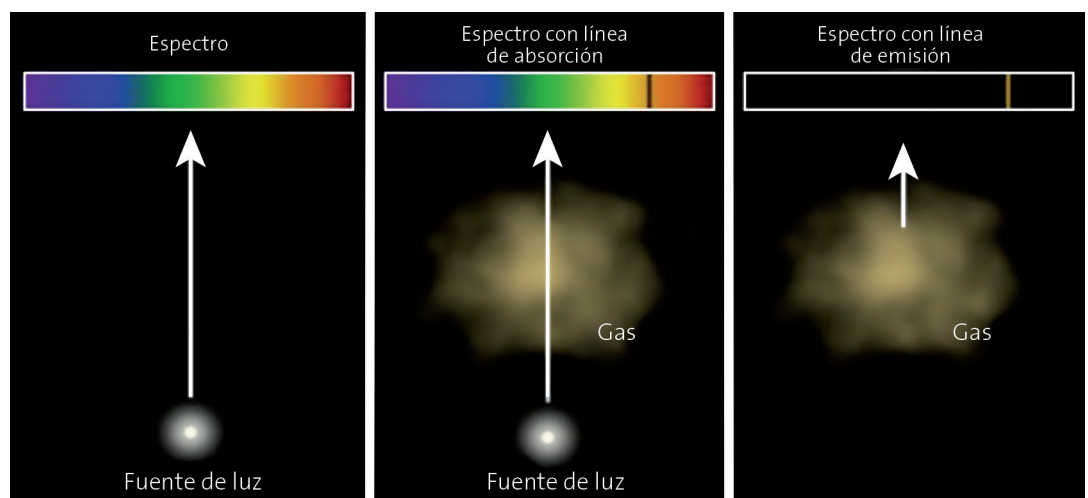


Figura 2. Esquema del espectro de absorción y de emisión de un gas.
Recuperado de: https://www.e-education.psu.edu/astro801/content/l3_p6.html
Traducción propia.



Cuando un gas de algún elemento químico está caliente emite radiación en ciertas longitudes de onda, que se denominan líneas de emisión (ver Figura 2). El patrón de estas líneas está determinado por

los niveles de energía de los electrones dentro del átomo y resulta característico de cada elemento (ver Figura 3). Si una nube de gas frío se encuentra entre una fuente de luz y el observador, el gas absorberá energía en las longitudes de onda características, y las líneas se observarán en absorción, es decir, como líneas oscuras sobre el fondo luminoso de la fuente, lo que nos permitirá inferir cómo está compuesta la nube. Gracias a este fenómeno, la luz que llega de las estrellas nos trae información de los elementos químicos que existen en su atmósfera.

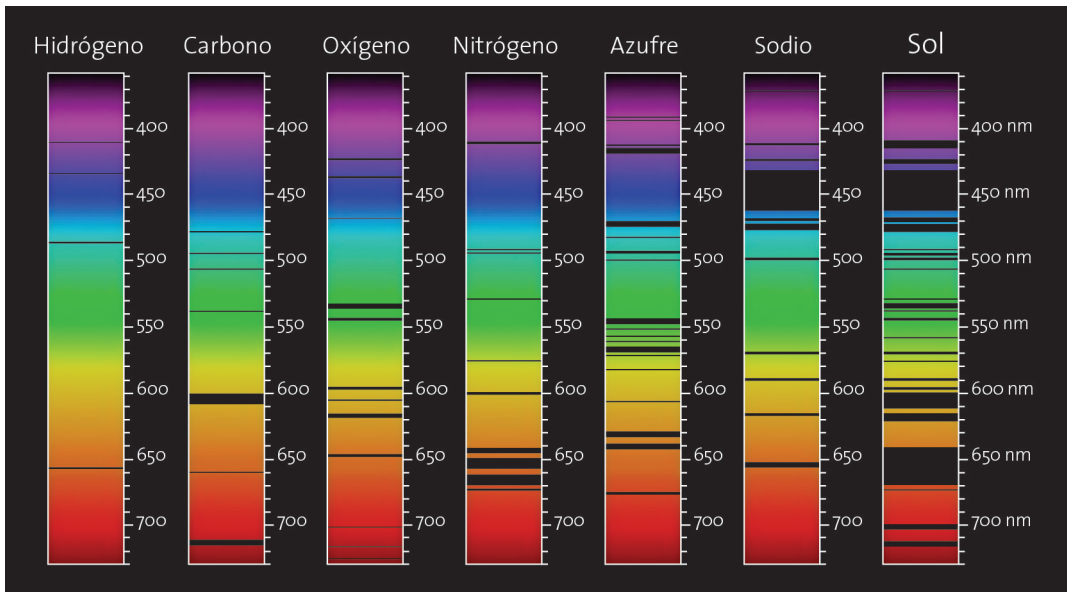


Figura 3. Cada elemento químico presenta un patrón de líneas característico que lo distingue. En esta figura se observan líneas de absorción. Recuperado de: <https://www.khanacademy.org/partner-content/nasa/measuring-universe/spectroscopy/e/absorption-emission-lines>. Traducción propia.

CORRIMIENTO AL ROJO Y RECESIÓN DE LAS GALAXIAS

Recurramos por un momento a la siguiente analogía: Cuando una fuente de sonido está en movimiento, la frecuencia del sonido que escucha el receptor es diferente de la frecuencia emitida. Si la fuente se mueve hacia el receptor, este la percibe con una frecuencia mayor (longitud de onda más corta). En cambio, si la fuente de sonido se aleja del receptor, este la percibe con una frecuencia menor (longitud de onda más larga). Algo similar ocurre con la luz (ondas electromagnéticas). Si la fuente que emite al fotón (partícula de luz) se mueve hacia el observador, este distingue una luz con longitud de onda más corta (corrimiento hacia el azul), mientras que, si la fuente se mueve alejándose del observador, este distingue una luz con la longitud de onda más larga (corrimiento hacia el rojo). Matemáticamente, se define el “corrimiento al rojo” como:

$$z = \frac{\lambda_0}{\lambda_e} - 1 = \sqrt{\frac{1+v/c}{1-v/c}} - 1 \approx \frac{v}{c}$$

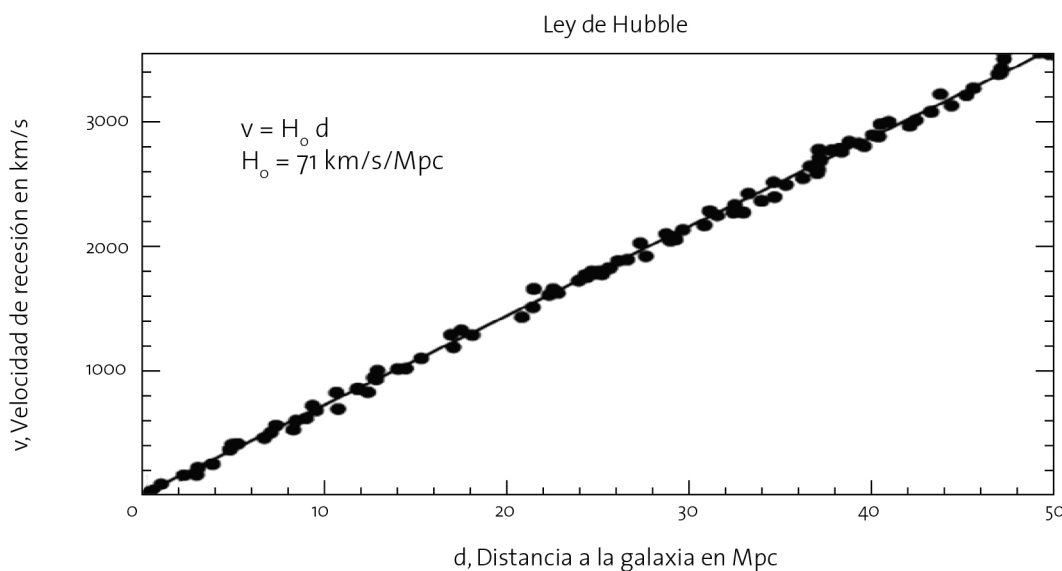


Figura 4. Diagrama de Hubble.

En 1929, gracias a la observación de numerosas galaxias, Edwin Hubble descubrió que las galaxias más distantes se estaban alejando de nosotros con una velocidad de recesión (velocidad de alejamiento) que era proporcional a la distancia al observador. Determinó la distancia a las galaxias usando la relación período-luminosidad de un tipo de estrellas variables llamadas Cefeidas y midió la velocidad de recesión a partir del corrimiento al rojo de las líneas en los espectros de las galaxias. En la Figura 4 puede verse el diagrama de Hubble.

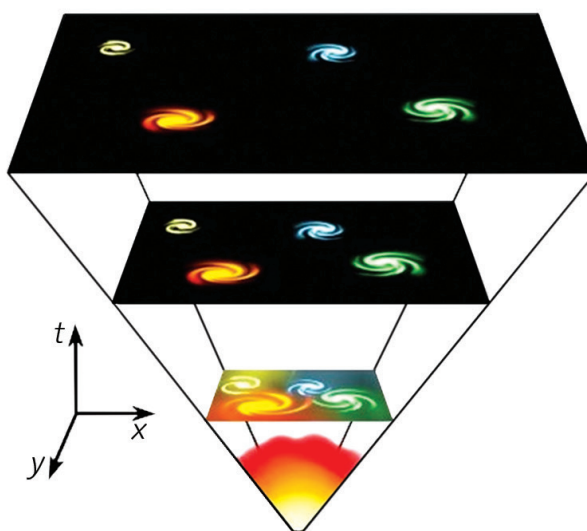
Pero ¿por qué razón todas las galaxias se están alejando de la Tierra? La explicación es que las galaxias no se están moviendo, sino que el espacio entre ellas está creciendo. El espacio se está expandiendo, y las observaciones de Hubble no son más que la evidencia observacional de dicha expansión. Desde cualquier punto del Universo se vería lo mismo. No hay un centro de expansión.

El marco teórico que explica este fenómeno ya había sido planteado por Albert Einstein cuando, en 1915, formuló la Teoría de la Relatividad General. En esta teoría, el espacio y el tiempo son cantidades dinámicas cuya evolución está determinada por la materia y la energía contenida en el Universo. Asimismo, la materia sigue órbitas determinadas por la estructura del espacio-tiempo. Las ecuaciones de la Relatividad General predicen naturalmente un Universo en expansión. Estas soluciones fueron encontradas casi simultáneamente por A. Friedmann (1922) y G. Lemaître (1927). En un intento por conseguir soluciones estacionarias, Einstein introdujo la famosa “constante cosmológica”. Después del descubrimiento de Hubble, Einstein se refirió a esta manipulación matemática como su “mayor torpeza”. Más adelante veremos que no lo fue tanto.

CONSECUENCIAS DE LA EXPANSIÓN

El Universo se expande y, por lo tanto, si retrocedemos en el tiempo, las distancias entre las galaxias se acortan.

Figura 5. Esquema de la evolución del Universo. Recuperado de: https://en.wikipedia.org/wiki/Big_Bang.



La consecuencia inmediata de esto es que el Universo debe de haber sido muy diferente en el pasado remoto.

Las ecuaciones de la Relatividad General predicen que estas distancias son cero a un tiempo finito en el pasado, hace 13 800 millones de años. Esto implicaría que el Universo estuvo concentrado en un único punto de densidad infinita, lo cual constituye una singularidad en el espacio-tiempo. Nos referimos a ese instante de tiempo como Big Bang, pero, en realidad, no se trata de una teoría para el origen del Universo, sino de una muestra de que nuestra comprensión del modelo es aún incompleta. Debido a que la velocidad de la luz es finita,⁵ al mirar objetos lejanos, estamos observando cómo era el Universo en el pasado, ya que a la luz le toma un tiempo viajar desde donde se emite hasta el observador. Efectivamente, se observa que el Universo está evolucionando. Por ejemplo, las propiedades de las galaxias lejanas son diferentes a las de las galaxias cercanas. Así es que somos capaces de hacer mediciones a lo largo de la historia del Universo para poder compararlas directamente con los modelos.

FONDO CÓSMICO DE RADIACIÓN

A pesar de que no es posible describir el instante inicial del Universo mediante las teorías actuales, sí podemos detallar lo que ocurrió a partir de 10^{-35} segundos después de ese instante inicial. En los primeros tres minutos del Universo ocurren procesos muy variados, que abarcan desde la formación de *quarks* (partículas subatómicas) a la aniquilación de materia-antimateria y la formación de núcleos livianos, durante la Nucleosíntesis Primordial. A partir de entonces, el Universo está formado por un plasma caliente de fotones, bariones, leptones y núcleos de elementos químicos livianos (principalmente hidrógeno y helio, y en menor cantidad deuterio y litio). El plasma presenta pequeñas inhomogeneidades en la densidad (diferencias de tan solo una parte en cien mil respecto del valor promedio) que constituyen las semillas a partir de las cuales se formarán, por colapso gravitatorio, las grandes estructuras del Universo. Debido a la expansión, la temperatura y la densidad del Universo decrecen. Cuatrocientos mil años después del Big Bang, la temperatura desciende por debajo de los 3000 grados kelvin (K) y se forman los átomos neutros. Los fotones, que hasta ese momento interactuaban a través de la dispersión de Thomson con los electrones, viajan libremente por el Universo y sus longitudes de onda se desplazan al rojo. Hoy esos fotones llegan hasta nosotros 13 800 millones de años después de ese momento de desacople de materia y radiación, en lo que se conoce como Fondo Cósmico de Radiación (FCR), en la zona de microondas del espectro electromagnético. Esta radiación tiene una distribución en longitudes de onda que respeta la ley de cuerpo negro, con una temperatura de 2,75 K, y es muy isotrópica en el cielo (la misma temperatura en cualquier dirección en que se mire). Solo presenta pequeñas anisotropías de una parte en cien mil, debido a las fluctuaciones iniciales en la densidad de materia y energía del Universo.

El FCR fue descubierto de manera fortuita, en 1965, por Arno Penzias y Robert Wilson. Mientras hacían observaciones de la Vía Láctea, detectaron una señal constante en el cielo que no podían eliminar. Ese ruido no era más que la radiación reliquia de los comienzos del Universo cuya existencia había sido predicha teóricamente alrededor de los años 50. En 1978, Penzias y Wilson recibieron el Premio Nobel de Física por su hallazgo.⁶ Desde entonces, el FCR ha sido observado con numerosos instrumentos desde la Tierra, experimentos en globos aerostáticos y satélites espaciales. El primero de los satélites enviados para el estudio de esta radiación se llamó Cosmic Background Explorer (COBE).⁷ En 1992 pudo medir diferencias en la temperatura del FCR, de una parte en cien mil, lo cual confirmó una vez más el escenario del Big Bang y de las fluctuaciones iniciales que dan lugar a las estructuras a gran escala del Universo. En el año 2006, este descubrimiento fue galardonado con el Premio Nobel de Física.⁸ El segundo satélite en caracterizar el FCR

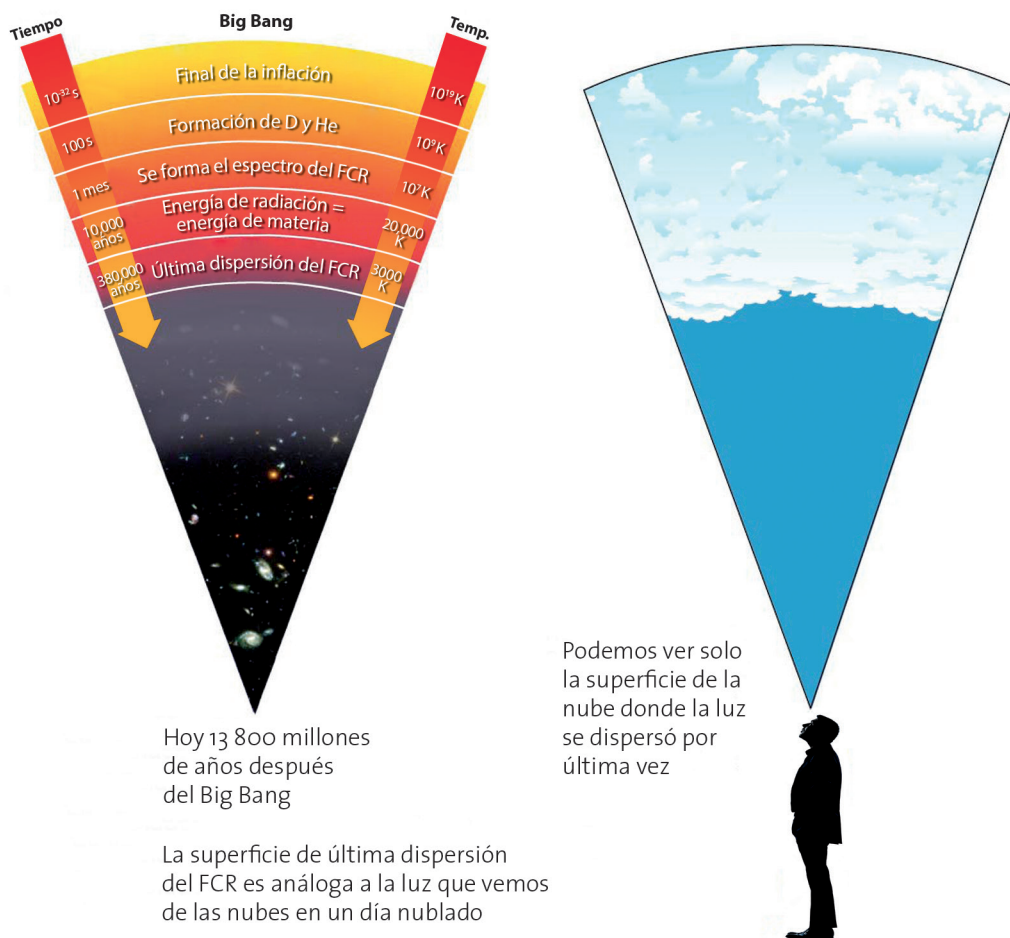


Figura 6. La superficie de última dispersión representa la distancia más lejana desde donde nos pueden llegar fotones del Universo. Todo lo que pasó antes de la formación del hidrógeno neutro debe ser medido indirectamente a partir de este u otros observables. Recuperado de: NASA / WMAP Science Team. Traducción propia.

Figura 7. El Fondo Cósmico de Radiación provee una “huella digital” del Universo que sirve para encontrar la teoría que mejor se ajusta a las observaciones. Recuperado de: NASA/WMAP Science Team.



fue el WMAP,⁹ cuyos primeros datos vieron la luz en 2003. La gran mejora en resolución angular y precisión de las medidas hizo que la cosmología se convirtiera en una ciencia de precisión. Después de muchos años de ser una rama de la física fuertemente teórica, los grandes avances en el conocimiento de esta ciencia comenzaron a darse en el plano observacional.

En los últimos años, el tercer satélite dedicado al FCR, el satélite Planck,¹⁰ hizo públicos sus datos. Estos mejoran ampliamente la resolución y precisión del WMAP, pero confirman la mayoría de sus resultados. Esta radiación, que ha viajado por el Universo durante casi toda su existencia, nos trae información no solo de la infancia del Universo, sino también de los procesos que ocurrieron a lo largo de su historia y que han dejado su huella en los fotones que hoy recibimos en el FCR. La Figura 6 presenta un esquema de cómo vemos el Universo a medida que observamos objetos más distantes. El FCR es lo más distante que podemos observar el Universo. Cualquier evento anterior debe medirse por sus efectos sobre el FCR u otros observables.

Los modelos teóricos hacen predicciones acerca de las características de las anisotropías en la temperatura del FCR (diferencias relativas de temperatura en distintas direcciones del cielo). En el mapa de temperatura, al cual se le resta la temperatura media del mapa y el efecto causado por el movimiento del sistema Sol-Tierra, aparecen pequeñas diferencias de temperatura que traen información del estado del Universo en épocas muy remotas. Es importante medir los tamaños de esas “manchas” y determinar cuántas hay de cada tamaño para poder comparar con los modelos y encontrar el que mejor se ajusta a los datos.

Los últimos datos del satélite Planck confirmaron que, del total de materia y energía del Universo, menos del 5% corresponde a la materia ordinaria que conocemos (llamada materia bariónica) y que es la materia de la que están compuestas todas las estrellas, planetas, gas e incluso nosotros mismos. El resto, más del 95% de la materia y energía del Universo, está compuesto por algo que aún nos resulta desconocido.

PIEZAS OSCURAS DEL ROMPECABEZAS

Algunas de las piezas que faltan en este rompecabezas cósmico son los componentes de materia y energía del Universo cuya naturaleza todavía no conocemos. Sin embargo, tenemos muchas evidencias de que existen, especialmente la materia oscura. A continuación, daremos cuenta de las evidencias observacionales que nos conducen a esta conclusión.

MATERIA OSCURA

La materia oscura es una hipotética clase de materia que no absorbe ni emite radiación electromagnética. Solo interactúa gravitatoriamente y, por eso, se la detecta a través de fenómenos que involucren la gravedad. Hay teorías alternativas que no requieren de un componente extra de materia no bariónica, pero estas no logran explicar todas las observaciones existentes.

Dichas observaciones se clasifican de la siguiente manera:

Curva de rotación de galaxias espirales: la materia que gira alrededor del centro de una galaxia espiral debería rotar con una velocidad que decae con la distancia al centro de la galaxia y que sea directamente proporcional a la masa contenida dentro de su órbita. Sin embargo, en las zonas más externas de las galaxias espirales se observa que la velocidad se mantiene constante. Esto es evidencia de que podría haber más materia que no emite ningún tipo de radiación, pero cuyo efecto gravitatorio se hace notar.



Figura 8. Cúmulo de galaxias Abell 1689.
Fuente: Rayos X: NASA/CXC/MIT/E.-H Peng
et al.; Óptica: NASA/STScI.

Cúmulos de galaxias: constituyen los sistemas ligados más grandes en equilibrio hidrostático del Universo. Estos conjuntos de galaxias facilitan numerosos escenarios en los que se ponen a prueba las leyes de la física, por lo cual sirven de laboratorio para verificar las teorías.

Gracias a ellos, tenemos evidencias diversas de la existencia de materia oscura que resultan independientes entre sí:

Los movimientos de galaxias dentro de cúmulos: las galaxias miembros de cúmulos de galaxias se mueven con una dispersión de velocidades muy alta, del orden de 1000 km/s. Esto implica una masa del sistema mucho mayor a la medida a partir de las estrellas que se observa en dichas galaxias y al gas intracúmulo. Ya en 1933, Fritz Zwicky propuso la existencia de materia oscura para explicar este fenómeno. Hoy parece la explicación más aceptada.

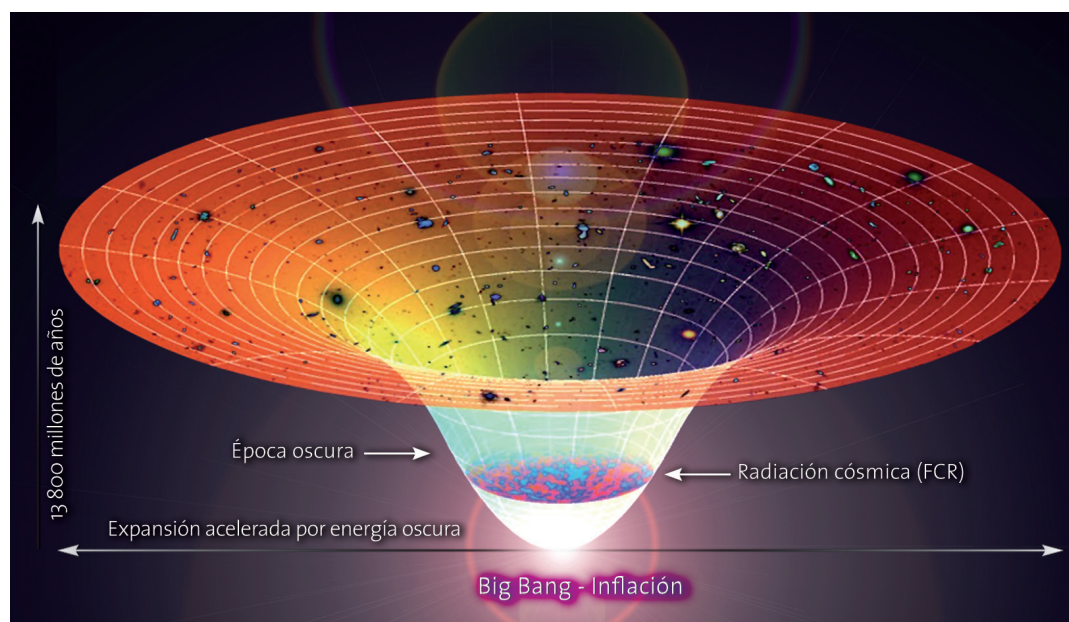
Confinamiento de gas caliente en los cúmulos: en los cúmulos de galaxias se observa, por su emisión en rayos X, la presencia de gas caliente ionizado, y se puede estimar la masa del gas. La masa total (masa bariónica y no bariónica) se infiere a partir de observaciones del gas intracúmulo, bajo la hipótesis de equilibrio hidrostático entre la atracción gravitatoria y la presión del gas (presión térmica y no térmica, por la turbulencia del gas). La masa total estimada es mucho mayor que la masa del gas y de las estrellas que componen las galaxias.

Efecto de lente gravitacional: este efecto se produce cuando la luz de alguna fuente lejana, como un cuásar o una galaxia, nos llega en la misma línea de visión de un cúmulo de galaxias muy masivo. Debido a la deformación de la trayectoria de los rayos de luz de la fuente lejana, se produce un efecto de lente, que magnifica la luz recibida y deforma la imagen. Es posible estimar la masa del objeto que hizo las veces de “lente gravitacional”, es decir, el cúmulo de galaxias, y se observa que es mayor que la masa luminosa, constituyendo así otra evidencia en favor de la materia oscura.

ENERGÍA OSCURA

Hoy por hoy, sabemos muy poco sobre la energía oscura, aunque normalmente ese sea el nombre elegido para denominar lo que sea que constituya la razón de la expansión acelerada del Universo. En 1998, dos equipos independientes (el Supernova Cosmology Project¹¹ y el High-Z SN Search Team¹²) se embarcaron en la tarea de medir la historia de expansión del Universo. Su objetivo era medir la tasa

Figura 9. Historia de la expansión del Universo. Recuperado de: Wikipedia.



de frenado de la expansión del Universo. El razonamiento, dicho de manera simplificada, era: Si todo comenzó con una gran explosión que dio lugar a la expansión, en algún momento debe frenarse y, por acción de la gravedad, volver a contraerse. En el peor de los casos, expandirse hasta el infinito con una velocidad que tienda a cero.

Sin embargo, la sorpresa fue mayúscula cuando las observaciones mostraron que, en realidad, ¡ocurría exactamente lo contrario! Los dos equipos, de manera totalmente independiente, encontraron que la expansión del Universo se está acelerando. Para hacer las observaciones, utilizaron mediciones de curvas de luz de supernovas lejanas y encontraron que las SN eran más débiles de lo esperado.

Tan revolucionario fue este hallazgo que, en el año 2011, los líderes de ambos equipos, Saul Perlmutter, Brian Schmidt y Adam Riess, recibieron el Premio Nobel de Física por este descubrimiento.¹³

¿QUÉ SABEMOS DE LA ENERGÍA OSCURA?

Actualmente sabemos muy poco acerca de la energía oscura. Podríamos decir que llamamos “energía oscura” a la responsable de la expansión acelerada del Universo. Podemos visualizarla como un fluido con presión negativa. La analogía simple dice que, si pusiéramos un poco de energía oscura en un pistón y presionáramos, el fluido, en lugar de resistir, tendería a meterse más.

Una opción matemática simple podría ser la introducción de una constante cosmológica en las ecuaciones de la Relatividad General, aquella que Einstein señalara como su error más grosero, e interpretarla como energía del vacío con densidad constante.

Otra opción es que la Relatividad General sea una teoría de gravedad incompleta y que todavía tengamos que encontrar una generalización que explique las observaciones de las supernovas lejanas.

Todavía no tenemos la respuesta a cuál es la razón de la aceleración en la expansión del Universo. Esta es una de las grandes preguntas de la física moderna.

CONCLUSIONES

Nuestra imagen actual del Universo es muy diferente de la de nuestros antecesores. Sabemos que el Universo es inmenso, con cientos de miles de millones de galaxias; que tuvo un comienzo y que se expande aceleradamente. Actualmente, se está trabajando para catalogar millones de galaxias y hacer mapas tridimensionales extraordinariamente grandes, y así poder estudiar la historia de la expansión y dilucidar uno de los misterios más grandes del Universo: el porqué de su expansión acelerada. Pero las respuestas tal vez nos lleven a nuevas preguntas y desafíos, lo que demuestra que la curiosidad humana no tiene límites y que el Universo no dejará de maravillarnos jamás.

NOTAS

1. Traducido al latín desde el árabe por Gerardo de Cremona c.1175.
2. Con el Sol en el centro.
3. Copérnico, Nicolás (1473-1543). Obra original: De revolutioibvs orbium coelestium, Libri VI. Edición de Norimbergæ, apud Ioh, Petreium, (1543).
4. Un nanómetro (nm) equivale a 10^{-9} metros.
5. Aproximadamente 300 000 km/s.
6. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1978/
7. <http://science.nasa.gov/missions/cobe/>
8. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2006/
9. <http://map.gsfc.nasa.gov/>
10. <http://sci.esa.int/planck/>
11. <http://panisse.lbl.gov/>
12. <https://www.cfa.harvard.edu/supernova//HighZ.html>
13. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2011/

REFERENCIAS

- Einstein, A. Título original: "Zur allgemeinen Relativitätstheorie", Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften, Berlín, pp. 778-786. (1915).
- Friedmann, A. (1922). "Über die Krümmung des Raumes", Zeitschrift für Physik, 10, pp. 377-386.
- Hubble, E. (1929). "A Relation Between Distance and Radial Velocity Among Extra-Galactic Nebulae", Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 15(3), pp. 168-173.
- Lemaître, G. (1927). "Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques", Annales de la Société Scientifique de Bruxelles, A47, pp. 49-59.
- Penzias, A. A y Wilson, R. W. (1965). "A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s." Astrophysical Journal, 142, pp.419-421.
- Zwicky, F. (1933). "Die Rotverschiebung von extragalaktischen Nebeln", Helvetica Physica Acta, 6, pp. 110-127.

Claudia G. Scóccola es doctora en Astronomía por la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (FCAG) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Tuvo posiciones posdoctorales en el Max Planck Institute for Astrophysics, en Munich, en el Instituto de Astrofísica de Canarias, Tenerife, y en el Instituto de Física Teórica de Madrid. Actualmente, es investigadora adjunta del CONICET, investigadora asociada del ICTP, Trieste, y docente en la FCAG-UNLP. Sus actividades de investigación se focalizan en las áreas de cosmología y astrofísica.