



LA EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO

Guía de taller

Expansión del universo

Descripción

La evolución del universo resulta interesante para los estudiantes que buscan entender las ciencias espaciales. El origen y formación del Sistema Solar, los tipos de galaxias, las trayectorias de asteroides y cometas, el descubrimiento de planetas y satélites orbitando otras estrellas, su habitabilidad y posibilidad de encontrar evidencia de vida en ellos, son temas que permiten tener un mayor conocimiento dentro del estudio del espacio.

En esta guía se definirán y se describirán algunas características principales acerca de las estrellas, las galaxias, el efecto Doppler, la ley de Hubble, la teoría del Big Bang y de la expansión del universo. Se realizará una actividad y se darán a conocer datos curiosos acerca del universo y de la expansión del mismo.

Objetivos

- Explicar los conceptos de estrella, galaxia, efecto Doppler, ley de Hubble, Big Bang y expansión del universo.
- Describir algunos procesos relacionados con la expansión del universo.
- Realizar una actividad que represente el fenómeno de expansión del universo.
- Conocer la relación entre la expansión del universo y las Ciencias de la Tierra.
- Presentar cómo se aborda el tema en los libros de la SEP y el grado al que corresponde.

Conceptos

- **Estrella:** Esferas de gas muy caliente con brillo propio, cuya energía es producto de la **fusión nuclear** en su interior. La fusión nuclear es el fenómeno en el que los núcleos de dos o más átomos se unen o fusionan formando átomos más grandes. Dicha energía emite ondas electromagnéticas, dentro de las cuales está la luz que podemos ver, la radiación infrarroja, ultravioleta, los rayos X y rayos gamma.

Las estrellas nacen a partir de las nebulosas (nubes de gas y polvo), donde por millones de años los átomos de hidrógeno se juntan entre sí, por acción de la gravedad, mientras la nebulosa permanece girando (Figura 1). El choque entre los átomos calienta el gas de la nube, una vez que alcanza los 15 000 000°C, comienza la fusión nuclear en el centro de la nube. Poco a poco la fusión ocasiona que el gas brille, formando una pequeña esfera denominada "protoestrella". Este cuerpo continuará acumulando masa dependiendo de la cantidad disponible de materia que presente la nebulosa. Mientras la estrella brilla por millones o miles de millones de años, el hidrógeno es convertido en helio en el núcleo a partir de la fusión nuclear.



Figura 1. Representación del nacimiento y formación de una estrella con una breve explicación en cada etapa.

Con el paso de millones de años el núcleo de la estrella se vuelve inestable y se contrae. El hidrógeno circundante alrededor de la estrella se expande, se enfría y su color se torna rojo. A este punto la estrella se ha convertido en una "gigante roja", este color se debe al enfriamiento que ha alcanzado, y es gigante por la expansión de gas que la rodea. La manera en la que la estrella continuará su ciclo de vida dependerá de la cantidad de masa que contenga.

- **Galaxia:** Las galaxias están compuestas de pequeñas partículas de hielo y roca, gas y miles de millones de estrellas. Existen cuatro tipos principales: elípticas, irregulares, espirales y globulares. Nuestro Sistema Solar se encuentra inmerso en una galaxia espiral como se muestra en la figura 2. En esta figura también se pueden apreciar los cuatro brazos que caracterizan a la Vía Láctea, y no solo dos, como se creía hace poco.

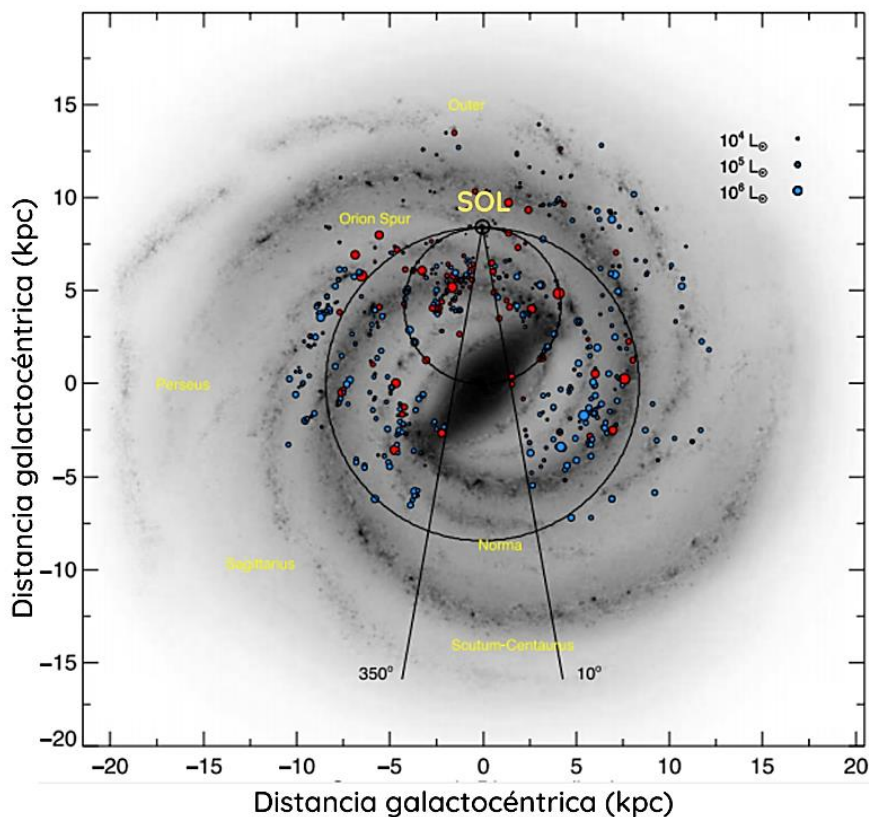


Figura 2. Representación de la Vía Láctea. En la parte superior se muestra la ubicación del Sol en un círculo pequeño. Los puntos en rojo corresponden a estrellas jóvenes, y los puntos en azul a nubes de hidrógeno gaseoso. El tamaño de los puntos está en función de su luminosidad, tal cual se indica en la parte superior derecha. De los dos círculos en el centro, el más pequeño representa un contorno donde coinciden varias estrellas, mientras que el círculo más grande dibuja la trayectoria de traslación del Sol alrededor del núcleo galáctico. El espacio entre las líneas rectas es un área de la cual no se pudieron determinar algunos factores. La distancia galactocéntrica se refiere a la distancia que hay entre el núcleo de una galaxia y una estrella, el Sol está a 8 kpc, aproximadamente, lo que equivale también a 27 000 años luz.

Dentro de los tipos de galaxias, hay también algunas variaciones. Las galaxias en espiral pueden tener brazos que se observan difusos, otros más definidos o irregulares. El centro de las galaxias puede ser redondeado o tener barras alargadas que se extienden desde el centro. En la Figura 3 se pueden apreciar imágenes de diversas galaxias publicadas por la NASA. La luz infrarroja emitida por las galaxias es traducida en colores que podemos observar. Las ondas de corta longitud son azules, mientras que las de larga longitud son rojas. De las estrellas que se aprecian en las imágenes, las más antiguas aparecen de color azul, aquellas que recién se han formado tienen colores entre amarillo y rojizo.

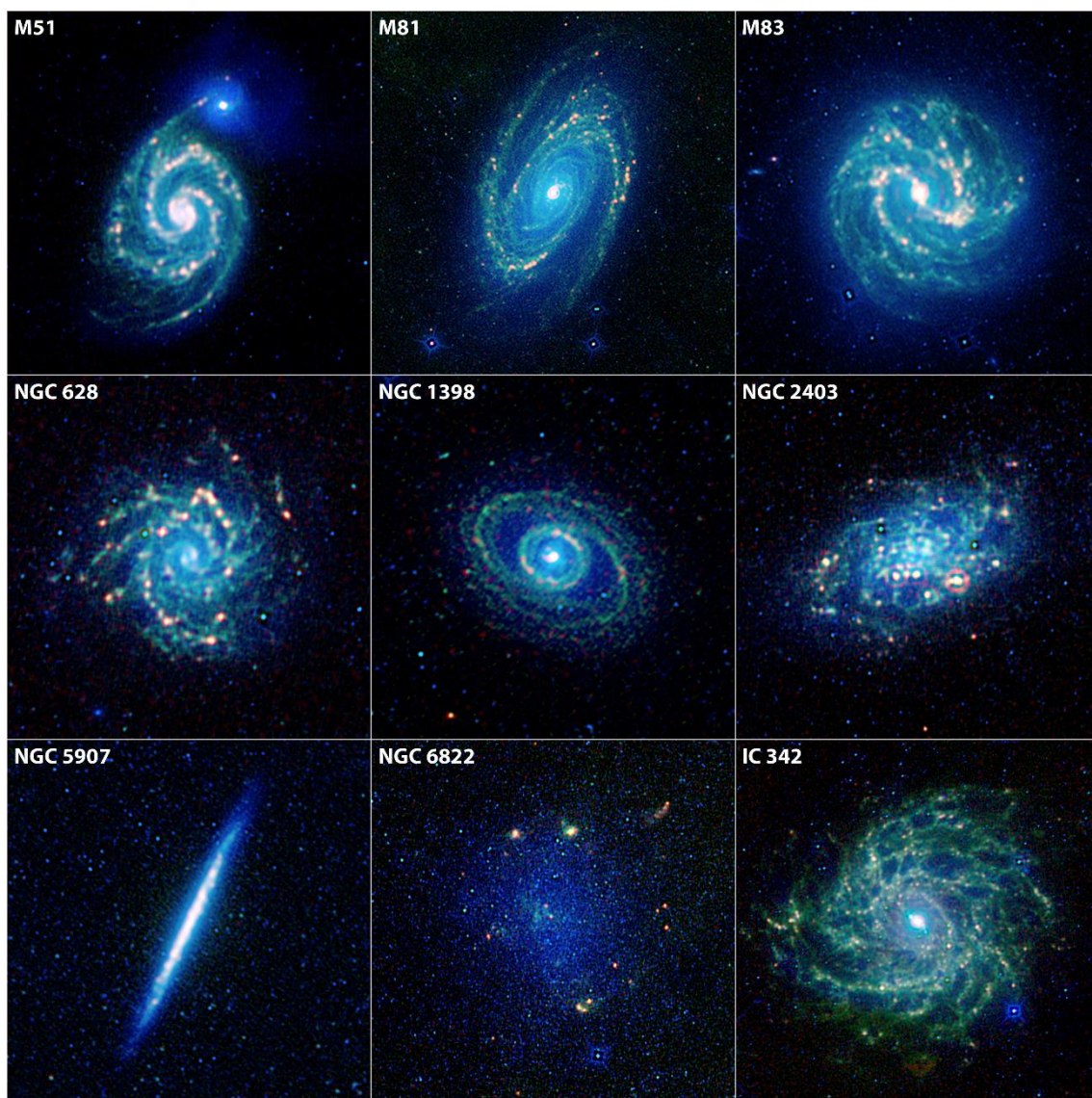


Figura 3. Distintos tipos de galaxias con características únicas.

Tomando en cuenta que un año luz equivale aproximadamente a 9.46×10^{12} km, se describirán a continuación algunas características de las galaxias mostradas en la Figura 3: **M51**; galaxia espiral con brazos bien definidos y 81 000 años luz de diámetro. El punto más brillante corresponde a una galaxia enana. **M81**; galaxia espiral con brazos que se extienden hacia su centro y con 94 000 años luz de diámetro. Los brillos rojizos que se destacan a su alrededor son gas y polvo comprimiéndose formando nuevas estrellas. **M83**; galaxia espiral que se destaca, por tener un bulto central de estrellas, lo cual otras no poseen. Tiene 55 500 años luz de diámetro, tiene poco más de la mitad del tamaño de la Vía Láctea. **NGC 628**; algunos astrónomos la llaman "la espiral perfecta" por su simetría. Se sospecha que esta posea un agujero negro en su centro con una masa equivalente a 10 000 soles. Tiene un diámetro de 100 000 años luz. **NGC 1398**: Esta espiral posee un anillo constituido por dos espirales que se cierran hacia sí. Tiene un diámetro de 135 000 años luz. **NGC 2403**; esta galaxia espiral algo borrosa e irregular, hospedó a una de las supernovas más grandes en décadas, observada en Japón y visible por 8 meses. Posee un diámetro de 73 000 años luz. **NGC 5907**; esta galaxia está posicionada en un ángulo de 90° respecto a la Tierra, por lo que parece muy delgada. Tiene un gran complejo estelar a su alrededor y 200 000 años luz de diámetro aproximadamente. **NGC 6822**; esta es una galaxia enana por su tamaño más pequeño en relación a otras, tiene casi 7 000 años luz de diámetro. Tiene tan solo un 1% de la masa de la Vía Láctea. Tiene una forma irregular, dominada por una barra central de estrellas. Los puntos amarillos prominentes son sitios de reciente formación de estrellas. **IC 342**; localizada justo detrás de la Vía Láctea. Su núcleo es muy brillante, emite longitudes de onda infrarrojas debido a las nuevas estrellas que se van formando allí. Tiene 62 000 años luz de diámetro.

- **Efecto Doppler:** Se refiere al cambio en el color al cual se corre o desplaza la luz que emite o refleja un cuerpo, y afirma que, si se desplaza al rojo (corrimiento al rojo), la fuente o el cuerpo se aleja, y si se desplaza al azul (corrimiento al azul), la fuente se acerca.

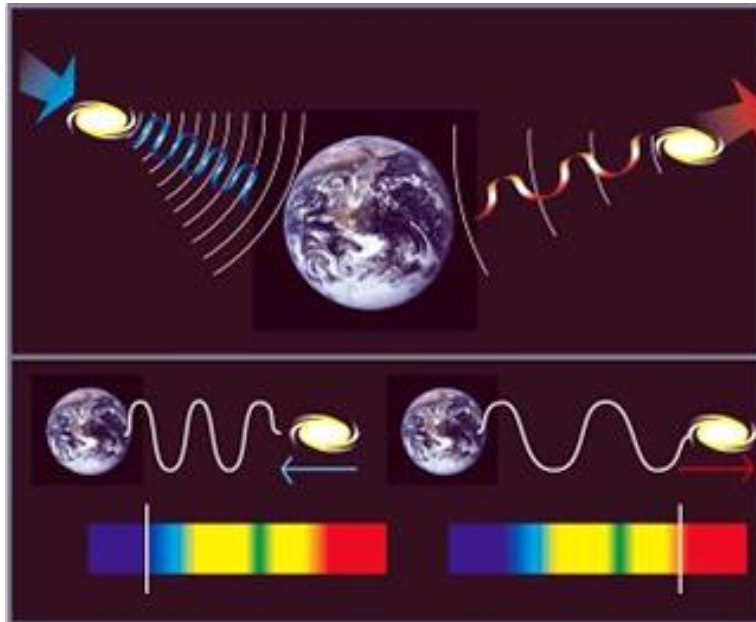


Figura 4. El corrimiento al rojo que representa el alejamiento de los cuerpos se observa del lado derecho, y de lado izquierdo, el corrimiento al azul, que corresponde al tipo de luz observada cuando un cuerpo se acerca.

- **Ley de Hubble:** Establece que la velocidad con la que se alejan las galaxias es proporcional a la distancia a la que se encuentran. Al observar algunas galaxias, Hubble se dio cuenta que estas tenían un corrimiento al rojo, y mientras mayor es su distancia a nosotros se alejan con mayor velocidad. Esto dio pauta a la teoría del Big Bang.

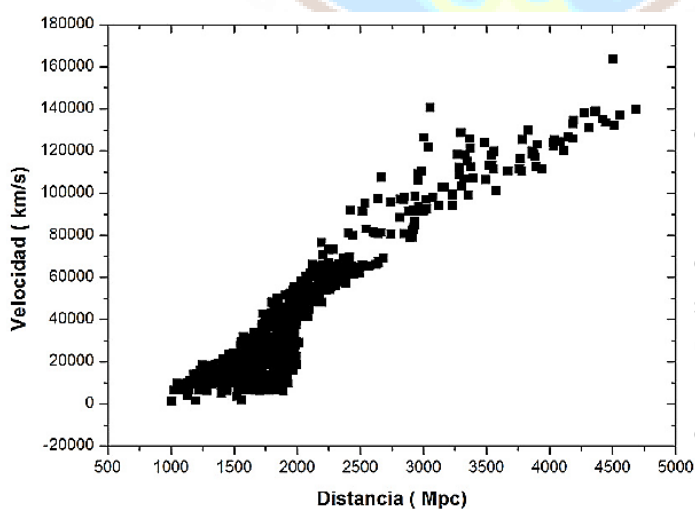


Figura 5. Gráfica que muestra la relación proporcional entre la distancia a la que se encuentran las galaxias y su velocidad. Cada punto negro representa a una galaxia, que entre más distante sea, su velocidad es mayor. Las unidades de distancia son megaparsec (Mpc), 1 Mpc equivale a 3.26 años luz.

- **Big Bang:** También conocida como la "Gran Explosión", representa el origen o punto inicial que dio lugar al universo hace 13.8 mil millones de años, que, con el tiempo, se extendió o expandió hasta dar lugar a lo que conocemos en la actualidad.

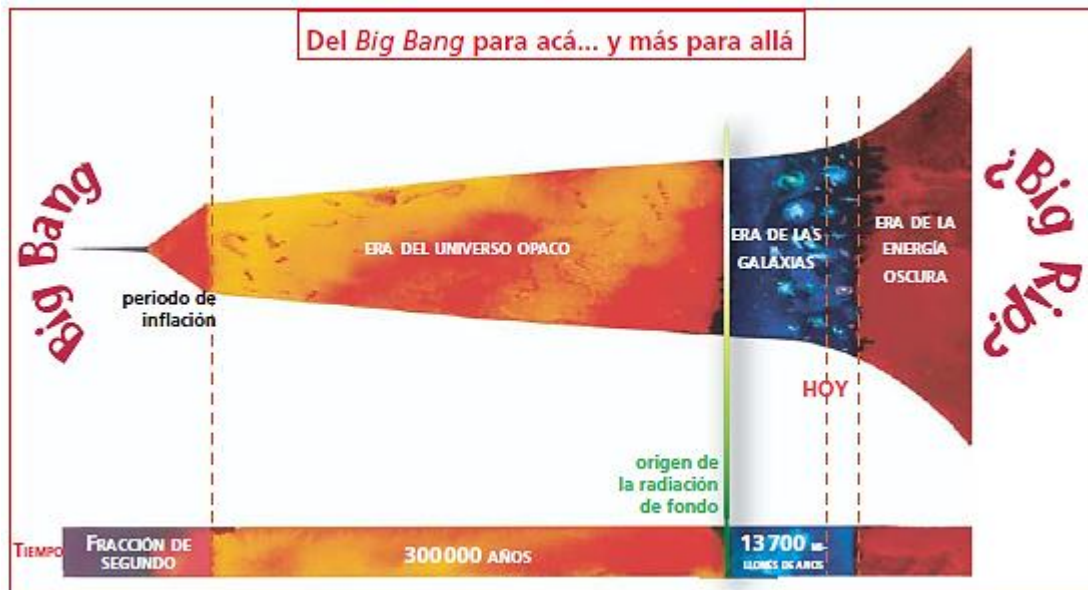


Figura 6. Ilustración que muestra el desarrollo de la expansión del Universo desde el Big Bang y sus diferentes eras en relación con el tiempo. La era en la que nos encontramos actualmente es la era de las galaxias, como lo indica la línea punteada. El Big Rip se ha postulado como uno de los sucesos hacia los cuales se dirige el futuro del Universo.

En la Figura 6, la imagen menciona uno de los posibles futuros del universo. El Big Rip o el "Gran Desgarre", describe una expansión que puede llegar a ser tan violenta que provocaría un desmembramiento de las galaxias, los planetas se desprenderían de sus estrellas, y de la materia que conforma a estos cuerpos, se despegarían sus moléculas y sus átomos, hasta finalmente no quedar nada.

Sin embargo, se han planteado otros posibles futuros mostrados en la Figura 7. El Big Crunch o "Gran Implosión" se refiere al futuro donde la expansión irá frenándose poco a poco, y todas las galaxias se acercarían entre sí hasta comprimirse e implosionar. La idea de la expansión indefinida sugiere que las fuerzas expansivas desde el Big Bang superar a las fuerzas de atracción gravitatorias, por lo que dicha expansión podría prolongarse infinitamente.

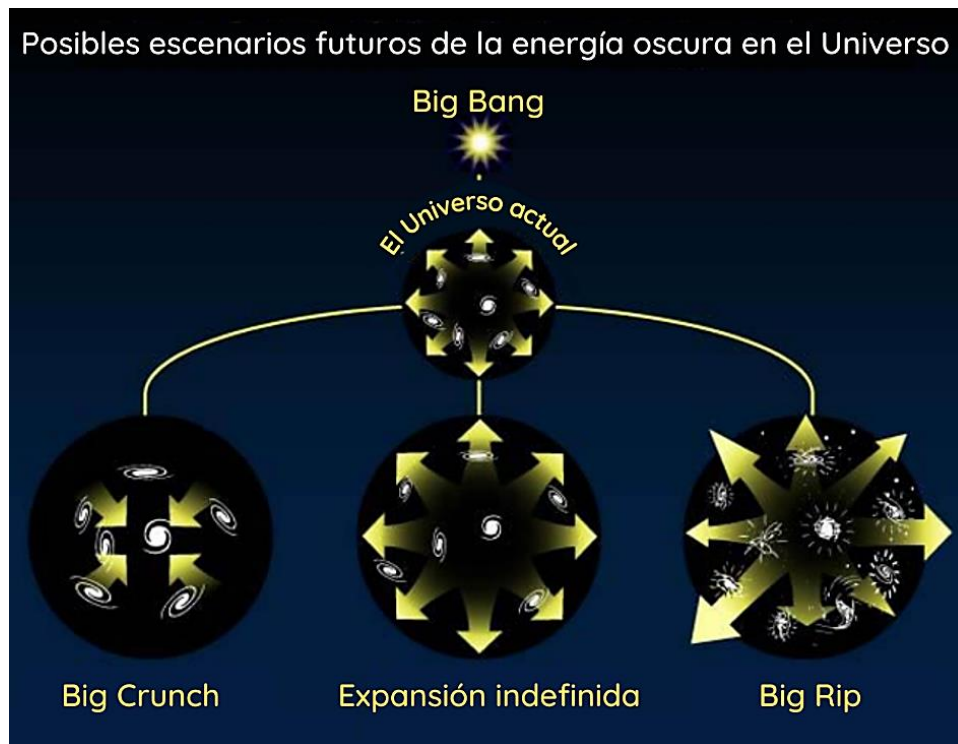


Figura 7. Esquema que muestra los diferentes planteamientos acerca de cómo podría ser el futuro del Universo.

- **Expansión del universo:** Se refiere al fenómeno descubierto en 1929 por Edwin Hubble, afirmando que el universo se expande continuamente. Tomó en cuenta la luminosidad de las **cefeidas** (estrellas cuyo brillo varía) existentes en las que él llamaba "nebulosas espirales", más tarde denominadas como galaxias. En 1924, Hubble midió la distancia a la que se encontraban nueve galaxias espirales. Observó que entre más distantes están las galaxias con respecto a la Tierra, mayor es la velocidad con la que se alejan, planteando así la **ley de Hubble**, descrita en uno de los conceptos anteriores. Calculó la **constante de Hubble**, un primer valor para la velocidad a la cual ocurría la expansión.

La luz de una galaxia es utilizada para determinar la velocidad a la que se acerca o se aleja. La luz de un cuerpo que se aleja se torna de color rojo, mientras que la de un cuerpo que se acerca de color azul. Esto corresponde al efecto Doppler antes descrito. El corrimiento al rojo, entonces, es el grado de enrojecimiento de la luz de una galaxia cuando se aleja, como si la expansión "estirara" dicha luz.

Todo el planteamiento anterior, condujo a la teoría del Big Bang, pues si las galaxias están separándose, en un pasado pudieron haber estado juntas,

concentradas en una región pequeña y muy caliente, no en forma de galaxias, sino en forma de materia y energía.

En 1965 los físicos Arno Penzias y Robert Wilson probaban una antena de comunicación satelital, y se percataron de un ruido constante que no cesaba y que no podrían explicar de dónde provenía. Finalmente resultó ser el rastro del origen del universo, el eco que persiste en el mismo desde su origen, hoy denominado **radiación de fondo** o **Fondo Cósmico de Microondas**. Cuando el Universo se formó, era muy caliente y denso, impidiendo que la luz pudiera propagarse por el espacio. Conforme se fue enfriando liberó fotones (partículas pequeñas de energía luminosa), formando parte de la radiación que dejó huella. De esta forma, fue posible conocer la composición del universo que dominaba esa época, además de que respaldó la teoría del Big Bang.

Antes de las aportaciones de Hubble, y tras su teoría general de la relatividad, Einstein sostenía que el Universo estaba sometido a una fuerza de repulsión gravitacional que mantenía a las galaxias quietas, es decir, sin caer o colisionar unas a otras. A esto lo llamó **constante cosmológica**. Y a pesar de que Einstein retiró su propuesta al conocer lo descubierto por Hubble acerca de la expansión, la constante cosmológica puede ser la respuesta ante la desconocida fuerza de repulsión que supera la atracción gravitacional.

La incógnita del fenómeno que pudiese estar acelerando la expansión, llevó a los científicos a deducir que existe un tipo de energía imperceptible, que incluso predomina ante cualquier otro tipo de energía conocida, llamándola **energía oscura**. En la Figura 8 se muestra cómo está constituido el Universo actualmente, y su comparación con el universo joven recién formado. Se aprecia el dominio de la energía oscura en un 72%, seguido de la materia oscura (materia que no es la ordinaria y tampoco energía oscura) en un 23%, y tan solo en un 4% la materia que conocemos, calificamos y cuantificamos ordinariamente.

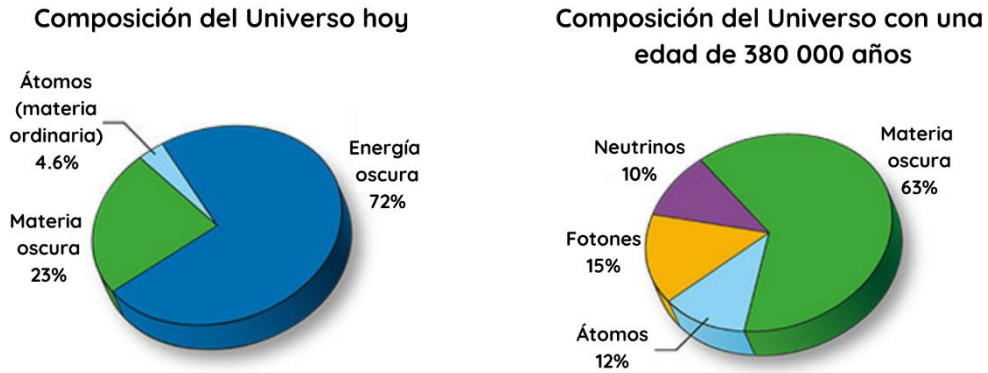


Figura 8. Composición actual del Universo comparada con su composición en sus orígenes.

La expansión cósmica pudiese estar determinada por tres patrones distintos. En la Figura 9 se muestran los tres modelos que representan esto. La expansión que avanza a un ritmo constante y que coincide con la idea de una expansión infinita, aquella que está siendo frenada y que puede dar lugar al Big Crunch, o la expansión acelerada que puede desencadenar en el Big Rip.

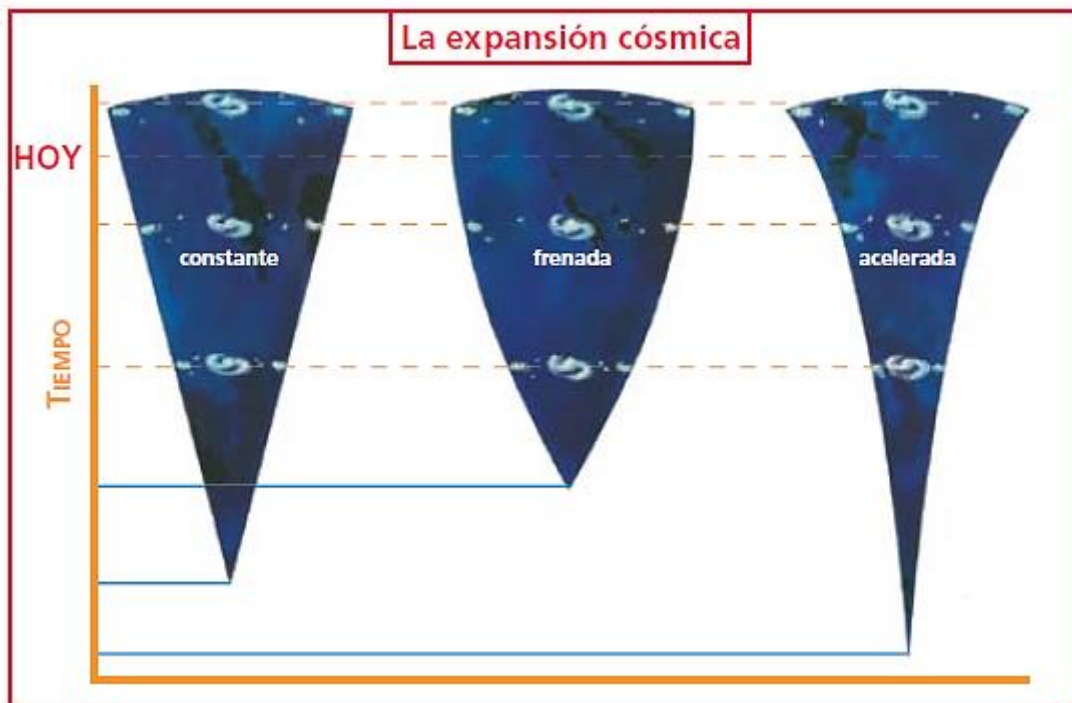


Figura 9. Modelos que muestran los tipos de expansión posibles que pudiesen estarse presentando en el Universo.

Actividad

Materiales

- Globo grande (#8).
- Estampillas o impresiones de pequeñas galaxias.
- Plumones indelebles.
- Cinta adhesiva (si es necesaria para pegar las estampillas).
- Pegamento.
- Tijeras (en caso de tener que recortar las estampillas).



Procedimiento:

1. Se infla un poco el globo de tal forma que se puedan pegar las estampillas uniformemente. En caso de no contar con estos elementos se pueden utilizar los plumones para pintar algunas espirales que simulen galaxias.



2. Poco a poco se infla el globo hasta que quede lo más grande posible, notando que, entre más rápido se infla y se extiende, más rápido se van separando las galaxias. De las imágenes de abajo, en la de la izquierda el globo esta a medio inflar, mientras que la de la derecha está a su máximo estiramiento.



Explicación del modelo

- Ventajas

Una de las ventajas es que con este sencillo modelo se ejemplifica el fenómeno de expansión del Universo. Aunque las galaxias se separen entre sí, conservan su tamaño, y eso es evidente con las estampillas, pues no se alteran ni se estiran.

Entre más rápido se infle el globo, mayor será el espacio entre una estampilla y otra, representando lo observado por Hubble acerca de la proporcionalidad entre la velocidad a la que se separan las galaxias y su distancia.

- Desventajas

Dibujarlas con un plumón, es una desventaja en este modelo, pues al ir inflando el globo cambian su tamaño, y eso no sucede en la realidad. Además, la expansión del globo ocurre desde un centro, o desde la boquilla, y el Universo no tiene un centro.

¿Y... la relación con las Ciencias de la Tierra?

Entender y aprender más acerca del origen de nuestro planeta, ha llevado a los científicos a explorar fuera del mismo. Conocer el universo nos ha permitido saber más sobre la Tierra, su interior, sus capas externas e incluso sobre el origen de la vida. Además de que la tecnología empleada para la exploración del espacio, ha brindado e impulsado muchos desarrollos tecnológicos que se utilizan por doquier en la vida cotidiana de las personas.

En las Ciencias de la Tierra, especialistas como físicos, astrónomos, matemáticos, químicos, biólogos, ingenieros geólogos y geofísicos, meteorólogos, sismólogos, vulcanólogos, entre otros, son quienes se encargan de estudiar el universo desde distintos ángulos, no sólo los fenómenos físicos, gravitaciones, electromagnéticos, sino también, la composición de los cuerpos, y cómo la energía y materia evolucionan a lo largo del tiempo. La expansión del universo es un fenómeno que irá dando la posibilidad de conocer la continua evolución del mismo, y, por lo tanto, de todos los cuerpos que lo constituyen.

Algo curioso sobre el Universo y su expansión...

- Hay más estrellas en el Universo que granos de arena en todas las playas de la Tierra¹. Se cree que el Universo puede albergar más de 100 000 millones de galaxias, y en cada una de ellas más de 100 000 millones de estrellas².
- La fusión nuclear en las estrellas comienza cuando la temperatura del núcleo de la protoestrella alcanza los 27 millones de grados Fahrenheit, que equivalen a 15 millones de grados Celsius, ¡inimaginable!².
- Se dice que nada es más rápido que la velocidad de la luz (300 000 km/s), sin embargo, científicos afirman que la misma expansión del Universo ocurre mucho más rápido por la dilatación del espacio-tiempo³.
- La luz, al viajar a 300 000 km/s, tarda en llegar a la Tierra en cierto tiempo. La luz del Sol llega a la Tierra en ocho minutos, algunas horas desde Plutón, unos años desde algunas estrellas cercanas, 30 mil años desde el núcleo de la Vía Láctea y miles de millones de años desde las galaxias más alejadas⁴.
- Las cámaras de los dispositivos móviles han sido perfeccionadas gracias a la tecnología que ha inventado la NASA para la exploración espacial. En los 90s científicos desarrollaron unos sensores que redujeron el tamaño de las cámaras

que se alojaban en las naves espaciales, manteniendo la calidad de la imagen. Los sensores de imagen de semiconductores complementarios de óxido metálico o CMOS, resultaron más rentables que los que se utilizaban en aquel entonces, además son mucho más veloces para capturar las imágenes y consumen menos energía para funcionar. Esto impulsó su uso en la industria de la tecnología, en particular el mercado de los teléfonos móviles⁵.

- Entre algunas otras aportaciones a la vida cotidiana, de la tecnología que se ha desarrollado para la exploración espacial, están: las celdas solares, robótica que contribuye en la elaboración de prótesis, la aspiradora sin cable, la fruta deshidratada, purificador de agua y los detectores de humo⁶.

¿Dónde se aborda el tema en los libros de la SEP?

Segundo grado de secundaria.

Asignatura: Física

Editorial: Ediciones Castillo. Serie: Travesías Secundaria

- Bloque 3
 - *Secuencia 37: ¿De qué está compuesto el Universo?*
 - *Secuencia 39: La evolución del Universo.*

Editorial: Ediciones Castillo. Serie: Infinita Secundaria

- Unidad 3
 - *Secuencia 18: Física y conocimiento del Universo.*
 - *Secuencia 20: Origen y evolución del Universo.*

Editorial: Ediciones Castillo. Serie: Sin fronteras Secundaria

- Bloque 3: El Universo y el ser humano.
 - *Secuencia 19: Del átomo al cosmos.*
 - *Secuencia 20: La evolución del Universo.*

Editorial: Ek Editores

- Bloque 3
 - *Secuencia 21: El Universo.*
 - *Secuencia 23: La evolución del Universo.*

Editorial: Santillana. Serie: Espacios Creativos

- Trimestre 3
 - *Secuencia didáctica 19: Al infinito, ¿y más allá?*

- *Secuencia didáctica 21: El oscuro y brillante, el Universo.*

Editorial: Santillana. Serie: Fortaleza Académica

- Trimestre 2

- *Secuencia didáctica 15: La evolución del Universo*
- *Secuencia didáctica 16: La observación del cielo y las distancias estelares, las estrellas, su composición y características de galaxias y otras estructuras.*

Editorial: Ríos de Tinta

- Trimestre 3: El Universo y el cuerpo humano

- *Características del Universo.*

Editorial: Ediciones SM

- Unidad 3. Universo y obtención de energía.

- *Secuencia 12: Sistema solar y gravitación.*
- *Secuencia 13: Universo.*

Editorial: Correo del Maestro

- 3er Módulo

Eje: Materia, energía e interacciones.

Tema: Naturaleza macro, micro y submicro.

- *Lección 18: ¿Cuáles son los ingredientes del Universo?*

Editorial: Editorial Esfinge

- Trimestre 3

- *Secuencia 18: Características del Universo.*
- *Secuencia 20: La evolución del Universo.*

Fuentes

Información

- Barss, P. (2020). Las provocadoras teorías alternativas al Big Bang que plantean que el universo no tiene límites. *BBC News*. (<https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-51245606>).
- Catalá, R. M. (2010). Lo que el ojo no ve. *¿Cómo ves?*(140). 22.
- Dark Energy Changes the Universe. (2004). NASA. (https://www.nasa.gov/missions/deepspace/f_dark-energy.html).

- de Régules, S. (s. f). El lado oscuro del Universo. *¿Cómo ves?* Recuperado de <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/58/el-lado-oscuro-del-universo.pdf>
- Estrellas. *StarChild*. (https://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild_Spanish/docs/StarChild/universe_level2/stars.html).
- Girola, R., Racchiusa, N. y Escudero, J. (2014). Una mirada epistemológica y didáctica de la Ley de Hubble. *Revista de enseñanza de la física*, 26 (Extra). 283-293.
- J. S. Urquhart, C. C. Figura, T. J. T. Moore, M. G. Hoare, S. L. Lumsden, J. C. Mottram, M. A. Thompson y R. D. Oudmaijer. (2014). The RMS survey: galactic distribution of massive star formation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 437. 1791-1807.
- La controvertida constante de Hubble. (2017). *NASA: Ciencia*. ([https://ciencia.nasa.gov/la-controvertida-constante-de-hubble#:~:text=Gracias%20al%20astr%C3%B3nomo%20Edwin%20Hubble,de%20Hubble%20\(H0\).&text=La%20H0%20est%C3%A1%20involucrada,%2C%20su%20tama%C3%B1o%2C%20su%20composici%C3%B3n](https://ciencia.nasa.gov/la-controvertida-constante-de-hubble#:~:text=Gracias%20al%20astr%C3%B3nomo%20Edwin%20Hubble,de%20Hubble%20(H0).&text=La%20H0%20est%C3%A1%20involucrada,%2C%20su%20tama%C3%B1o%2C%20su%20composici%C3%B3n)).
- Mystery of the Universe's Expansion Rate Widens With New Hubble Data. (2019). *NASA*. (<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/mystery-of-the-universe-s-expansion-rate-widens-with-new-hubble-data>).
- ¿Qué es el Big Bang? (s. f.). *Space Place, NASA Ciencia*. (<https://spaceplace.nasa.gov/big-bang/sp/>).
- Rodríguez, H. (2020). La expansión del Universo podría no ser uniforme. *National Geographic España*. (https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/expansion-universo-podria-no-ser-uniforme_15410).
- Tafalla, M. (2014). La expansión acelerada del Universo. *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid*. Recuperado de <http://astronomia.ign.es/rknowsys-theme/images/webAstro/paginas/documentos/Anuario/Laexpansionaceleradadeluniverso.pdf>
- Universe's Expansion May Not Be The Same In All Directions. (2020). *NASA*. (https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/news/universe-s-expansion-may-not-be-the-same-in-all-directions.html).

Datos curiosos

1. Universe facts. *National Geographic Kids*. (<https://www.natgeokids.com/nz/discover/science/space/universe-facts/>).
2. ¿Qué sabes de las estrellas? *National Geographic*. (<https://www.nationalgeographic.es/espacio/que-sabes-de-las-estrellas>).
3. Lacunza Olguín, M. y Medina, F. (s. f). La expansión del Universo alcanza la velocidad de la luz. *UNAM Global*. (<https://unamglobal.unam.mx/la-expansion-del-universo-alcanza-la-velocidad-de-la-luz/>).
4. de Régules, S. (s. f). El lado oscuro del Universo. *¿Cómo ves?* Recuperado de <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/58/el-lado-oscuro-del-universo.pdf>
5. Fernández, S. (2018). Del espacio a tu móvil: cuando la NASA inventó los sensores fotográficos CMOS. *Xataka móvil*. (<https://www.xatakamovil.com/desarrollo/del-espacio-a-tu-movil-cuando-la-nasa-invento-los-sensores-fotograficos-cmos>).
6. Martí, A. (2017). 17 tecnologías y productos que tenemos gracias a la carrera espacial: desde energía solar hasta fruta deshidratada. *Xataka*. (<https://www.xataka.com/espacio/17-tecnologias-y-productos-que-tenemos-gracias-a-la-carrera-espacial-desde-energia-solar-hasta-fruta-deshidratada>).

Figuras

- Figura 1: Modificada de How stars are formed? (2017). *Socratic Q&A, Astronomy*.
- Figura 2: Modificada de J. S. Urquhart, C. C. Figura, T. J. T. Moore, M. G. Hoare, S. L. Lumsden, J. C. Mottram, M. A. Thompson y R. D. Oudmaijer. (2014). The RMS survey: galactic distribution of massive star formation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 437. 1791-1807.
- Figura 3: The Galaxy Menagerie from WISE. (2011). *NASA, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology*. (<https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA14098>).
- Figura 4: El origen del Universo. *Los misterios de las ciencias*. (<https://sites.google.com/site/bosondehiggs40/el-universo/el-origen-del-universo-teoria-del-big-bang>).

- Figura 5: Rodríguez, G., Reyes, J. & Giraldo, M. (2016). Construcción de un diagrama de Hubble: una herramienta para la enseñanza de la astronomía. *Revista Científica*, 24, 17-23.
- Figura 6 y 9: de Régules, S. (s. f). El lado oscuro del Universo. *¿Cómo ves?* Recuperado de <http://www.comoves.unam.mx/assets/revista/58/el-lado-oscuro-del-universo.pdf>
- Figura 7: Lavender, G. (2014). How will the universo end? *Space answers*. (<https://www.spaceanswers.com/deep-space/how-will-the-universe-end/>).
- Figura 8: Modificada de El lado oscuro del universo. (2011). *The European Space Agency*.



Elaborado por **Rebeca Irais Raygosa Martínez**, 2021
*Programa de Divulgación de Ciencias de la Tierra "Terramóvil", Instituto de
Geología, UNAM.*
Ciudad de México, México.
beccact@ciencias.unam.mx