

Actividad 3. Teoría del Big Bang: ¿de dónde viene y hasta dónde llega?

PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Que los estudiantes reflexionen y analicen modelos controversiales del cosmos desde el final de la Edad Moderna hasta el desarrollo de la teoría del Big Bang, considerando evidencias, contextos y límites de validez.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

OA 2

Comprender, basándose en el estudio historiográfico, las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo.

OA a

Formular preguntas y problemas sobre tópicos científicos de interés, a partir de la observación de fenómenos y/o la exploración de diversas fuentes.

OA b

Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

OA c

Describir patrones, tendencias y relaciones entre datos, información y variables.

OA e

Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f

Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA h

Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.

ACTITUDES

Pensar con conciencia, reconociendo que los errores ofrecen oportunidades para el aprendizaje.
Pensar con flexibilidad para reelaborar las propias ideas, puntos de vista y creencias.

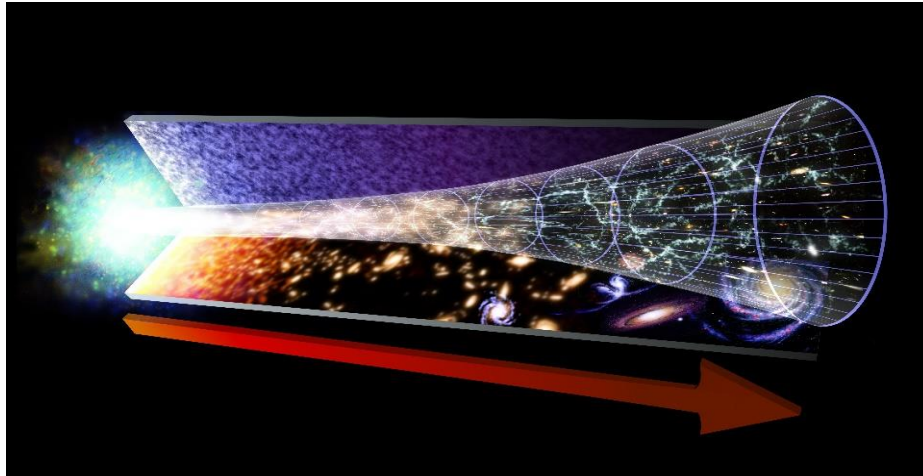
DURACIÓN

14 horas pedagógicas.

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Activación

- Los estudiantes observan la siguiente imagen de la NASA que representa la evolución del universo que comienza con el Big Bang y luego reflexionan en parejas guiados por las preguntas que se proponen a continuación:



- ¿Qué ideas y sentimientos les evoca la imagen observada? Describan.
- ¿La imagen de la NASA muestra lo que ocurrió exactamente con el universo en su "nacimiento"? Expliquen.
- ¿Por qué muchos están a favor de la teoría del Big Bang siendo que ninguno de nosotros estuvo ahí para "fotografiar" el evento? Argumenten brevemente.
- ¿Cuántas veces, aproximadamente, han hablado sobre el Big Bang en su círculo de amistades o familia? Comenten.

Seminario sobre "evolución de ideas sobre el cosmos"

- Los estudiantes se organizan en grupos y llevan a cabo el siguiente desafío:
 - Seleccionan uno de los siguientes temas, lo investigan y después lo presentan a sus compañeros:
 - Rol que tuvo el desarrollo de la teoría de gravitación universal de Newton en la visión del cosmos de la época.
 - Modelos propuestos independientemente por René Descartes, Immanuel Kant y Pierre-Simon Laplace para explicar el origen y evolución del Sol y del sistema planetario.
 - Finitud o infinitud del universo a partir de la paradoja de Heinrich Olbers.
 - Annie Jump Cannon y la clasificación espectral de las estrellas.
 - Concepto de galaxia y descubrimiento de que nuestra galaxia no era la única y que había muchas otras.
 - Trabajos de Lord Kelvin relacionados con la estimación que él hace de la edad de la Tierra en comparación al que estima Charles Darwin.
 - Impacto de la relatividad general de Einstein en una nueva interpretación del cosmos.

Observaciones al docente

- Se sugiere explicar la dinámica del seminario a los estudiantes, que, básicamente, consiste en:
 1. Investigar un tema.
 2. Organizar los aspectos más relevantes de lo investigado y redactarlos en un máximo de 3 páginas.
 3. Entregar el documento al docente y sus compañeros previamente o durante la presentación oral.
 4. Presentar lo investigado en clases: hallazgos, reflexiones y conclusiones. Esto debiese ser apoyado con el uso de TIC, evitando superar los 15 minutos de presentación.
 5. Aclarar dudas.
- Cautelar el abordaje de todos los temas propuestos. Para esto, invitar a la organización de grupos de 4 o 5 integrantes, y colaborar en la distribución de temas. No obstante, nunca descarte la posibilidad de incorporar otro tema relevante que usted o los estudiantes piensen que es pertinente estudiar sobre la "evolución de ideas sobre el cosmos" que se enmarque en la época en estudio. Apoyarse con una línea de tiempo.
- Explicitar que es necesario aplicar criterios historiográficos durante la investigación (ideas alternativas en otros lugares, contextos socio-históricos, implicancias, controversias, entre otros), los que ya fueron abordados en la actividad n°2. Esto debiese ser uno de los criterios de evaluación.
- Desde esta actividad en adelante, es pertinente mencionar y recordar permanentemente que la cosmología, actualmente, aun cuando la discusión histórica sobre su inicio exacto es controversial, es entendida como la ciencia que estudia el origen, estructura y evolución del universo como un todo.
- Es fundamental, asimismo, el significado e importancia de los modelos en las ciencias para aproximarse al estudio de la naturaleza, cómo se construyen y por qué cambian en el tiempo.

Reflexión colectiva

- Los estudiantes reflexionan acerca de los modelos estático y dinámico del universo. Para esto:
 - Dialogan a partir de las siguientes preguntas:
 - ¿Qué piensan cuando leen "modelo estático o dinámico del universo"?
 - ¿Cuál modelo les hace más sentido?, ¿por qué?
 - ¿De qué manera la reflexión sobre los modelos estático y dinámico del universo puede contribuir a la discusión sobre el desarrollo de la teoría del Big Bang?
 - Indagan y reflexionan, de modo general, sobre el escenario científico y sociocultural de Europa y el mundo a principios del siglo XX, para comprender mejor el contexto de desarrollo de los nuevos modelos cosmológicos.

Observaciones al docente

- Puede sugerir un breve estudio del inicio de la Primera Gran Guerra, enfatizando en la influencia de los países participantes en las ciencias.
 - Una pregunta guía pertinente es: ¿por qué las prácticas científicas pueden ser influidas por el contexto socio-histórico? Actualmente, historiadores de las ciencias muestran lo evidente que fue la oposición conceptual y nacional entre la cosmología newtoniana inglesa y la relatividad general alemana. Si es posible, ver la película *Einstein y Eddington* (disponible en YouTube), ya que puede colaborar a comprender mejor lo acontecido.
- Leen un texto sobre la controversia de un posible universo estático versus uno dinámico, y responden posteriormente algunas preguntas:

¿Universo estático versus uno dinámico?

Como consecuencia de la teoría de la relatividad general, el universo debía ser dinámico, lo cual iba en contra de la propia idea del científico alemán Albert Einstein, quien defendía un universo estático. Si el universo está sobre la influencia de una curvatura espacio-tiempo, debiese colapsar por la atracción gravitacional, en caso de que no hubiese una especie de fuerza contraria a la gravedad. Por esto, Einstein propuso una especie de "antigravedad" que, teóricamente, contrabalancearía el colapso predicho, equilibrando la

atracción gravitacional y permitiendo la existencia de un universo estático. Exactamente, introdujo un nuevo factor en sus ecuaciones: la constante cosmológica.

La idea de un universo estático e inmutable no era nueva. Newton ya había manifestado la idea de un espacio absoluto y eterno.

Por otro lado, el científico soviético Alexander Friedmann comenzó a estudiar la teoría de la relatividad general después de 1920, cuando la URSS volvió a recibir artículos internacionales después de un largo periodo de aislamiento causado por la Revolución Rusa y por la Guerra Civil.

Dos años después, Friedmann publicó una de las más conocidas obras soviéticas: contenía diversas soluciones dinámicas de las ecuaciones de la relatividad general, las que no habían sido encontradas por Einstein ni por De Sitter en 1917.

Historiadores de la ciencia indican que Einstein, quien fue escogido como el evaluador del artículo de Friedmann, inicialmente escribió una nota a la misma revista alemana indicando que, en su parecer, las soluciones presentadas por el soviético eran sospechosas e incompatibles con sus ecuaciones. Ante esta situación, Friedmann revisó cuidadosamente sus cálculos y escribió una carta a Einstein demostrando que no había errores en su artículo, y sugirió que hiciera una corrección en su nota. En 1923, Einstein escribe una nueva nota aludiendo al artículo de Friedmann y explicita que, efectivamente, los cálculos del soviético estaban correctos. No obstante, el historiador de la ciencia John Stachel encontró un manuscrito de Einstein idéntico al publicado en 1923, pero con una frase adicional: "La solución de Friedmann de un universo no estático, aun siendo matemáticamente correcta, difícilmente puede tener un significado físico".

Por lo tanto, en 1922, más allá de la opinión de Einstein, Friedmann había descubierto la posibilidad de un universo en contracción o en expansión, aunque no la expansión del universo.

(Fuente: Texto elaborado por el equipo de ciencias de la UCE)

- ¿Cuáles podrían haber sido las razones de defender un modelo de universo estático o uno dinámico en aquella época? ¿Cuáles fueron los argumentos?
- ¿Qué podría motivar a los historiadores de la ciencia para dejar en evidencia que la idea de "un universo estático e inmutable" no era una idea nueva en la época?
- ¿Perciben alguna influencia del contexto académico y socio-histórico en el desarrollo de la ciencia? Comenten.
- Según el texto, ¿el universo sería estático o dinámico? Expliquen.

Observaciones al docente

- Es una oportuna instancia para hacer evidente el dinamismo y la construcción no lineal del conocimiento científico.
- Asimismo, sería pertinente desmitificar la imagen de los científicos como "personajes" que actúan neutralmente en el mundo como si la cultura, el contexto y sus creencias no tuvieran influencia en lo que piensan, sienten, dicen y hacen.

- Los estudiantes reflexionan sobre el “diálogo” entre los modelos cosmológicos, para lo cual leen el siguiente texto y, en seguida, resuelven algunas interrogantes:

Modelos cosmológicos en expansión, el estacionario y la teoría del Big Bang

Luego de la postulación de un posible universo dinámico, la idea de un universo finito no demoró en surgir, y su precursor fue el sacerdote y astrónomo belga Georges Lemaître. Él, quien estaba actualizado con las implicancias de la teoría de la relatividad, en 1925, de modo independiente, obtuvo las ecuaciones equivalentes a Friedmann, pero, al contrario, y sin conocer los trabajos del soviético, desarrolló una teoría física consistente denominada “átomo primordial”, que recién publicaría en 1931 y que tomaría varios años que fuese tomada en serio.

Entretanto, en 1929 Edwin Hubble constató que las galaxias se alejaban unas de otras por medio de su *redshift* (corrimiento al rojo). Hubble propuso, entonces, una relación entre las distancias de las galaxias (obtenidas por medio de la ya conocida relación entre el periodo y la luminosidad de estrellas especiales, denominadas de variables cefeidas) y sus respectivos *redshifts*, conocida como ley de Hubble. Así, ofreció una significativa evidencia de un universo en expansión a la comunidad científica.

La hipótesis de Lemaître fue revivida y mejorada por George Gamow y sus colaboradores al final de la década de 1940, pero aun así no ganó más reconocimiento. De hecho, entre 1954 y 1963 solamente hubo un artículo publicado sobre el modelo del Big Bang.

La expresión Big Bang fue indicada por Fred Hoyle en un programa de radio en 1949, inicialmente, como una manera irónica de referirse al modelo de un universo creado en un instante determinado. El nombre Big Bang recién aparece, oficialmente, en un artículo en 1966.

Paralelamente, Hermann Bondi y Thomas Gold, cuya teoría fue ampliada por Fred Hoyle, proponen el modelo estacionario del universo, el que no admitía un universo finito naciendo de una “gran explosión”, sino que un universo infinito en el tiempo que mantiene globalmente su estructura. Como indica Smoot (1995), se prefería la visión de Aristóteles, es decir, que el universo siempre existió y siempre existirá.

(Fuente: Texto elaborado por el equipo de ciencias de la UCE)

- ¿Qué aspectos del texto les llamaron la atención? Compartan sus impresiones.
- ¿Por qué se pueden desarrollar varias propuestas en paralelo sobre un tema en las ciencias?
- ¿En qué consistió la propuesta del “átomo primordial” desarrollada por Georges Lemaître y por qué habrá demorado que adquiriera más importancia?
- ¿En qué consiste el corrimiento al rojo de Hubble y por qué contribuyó a la idea de un universo en expansión? Apóyense con imágenes para responder.
- ¿Existe una relación entre la propuesta del “átomo primordial” de Lemaître y la ley de Hubble? Argumenten brevemente.
- ¿Qué habrá motivado a Gamow y sus colaboradores a “revivir” la hipótesis de Lemaître? ¿Es esto una evidencia del dinamismo y la construcción colectiva del conocimiento científico? Expliquen.
- ¿Por qué el trabajo realizado por Gamow y sus colaboradores sobre el modelo del Big Bang tampoco tuvo éxito inmediatamente?
- ¿En qué consistió el modelo estacionario del universo?
- Imaginen que vivieron entre 1920 y 1960 en Europa, ¿qué modelo cosmológico creen que hubiesen adoptado y por qué?
- Finalmente, ¿qué pasaba con las ciencias en Chile en aquel periodo? ¿Había otros estudios o proyectos de investigación análogos sobre cosmología, por ejemplo, en Asia, Sudamérica, África y Oceanía? Indaguen y expliquen.

- ¿En qué momento la idea del Big Bang pasó a ser una teoría y qué evidencias la sustentaron? Apóyense con TIC para responder.

Observaciones al docente

- Invíteles a recordar la lectura y reflexiones del texto anterior.
- Hay preguntas que no necesariamente se pueden responder con el texto, por lo que invitan a realizar pequeñas investigaciones.
- Dada la complejidad del tema y contexto en estudio, es muy importante empatizar con la natural incertidumbre y confusión de los estudiantes. Primero, hay que considerar que el tema es complejo incluso para los propios científicos, filósofos e historiadores de las ciencias. Segundo, hay conceptos e ideas que resultarán difíciles de entender cabalmente por nuestros estudiantes, pues no han tenido aún la oportunidad de estudiar con detalle, por ejemplo, las contribuciones de Albert Einstein. Tercero, en la literatura no siempre existe coherencia entre las fuentes primarias (originales) y el ámbito de la divulgación científica. Todo esto hace necesario el acompañamiento casi permanente y muy cercano del docente.
- Es importante explicar a los estudiantes que, si bien la pluralidad de propuestas para explicar un fenómeno ayuda en la construcción del conocimiento, las ciencias no pueden mantener las ideas o modelos como una mera elección o un simple sentimiento de afinidad. Por esta razón, es importante destacar que un modelo, para que transite a un estatus de teoría, debe necesariamente estar apoyado por evidencias.
- Asimismo, es importante verbalizar que la existencia de una teoría apoyada en evidencias no implica necesariamente que esté ajena a críticas y contradicciones.
- Es relevante enfatizar que, hasta 1960, los modelos del Big Bang y del estado estacionario fueron los que disputaron la preferencia de la comunidad científica. En la época, la decisión era una cuestión personal, pues nada había que pudiera decir que una estaba errada y la otra correcta.
- Es una oportuna instancia para recordar las diferencias entre hipótesis, modelo, teoría y ley en las ciencias; los alcances y límite de validez de cada una. Para favorecer una visión más amplia, podría leerles el siguiente fragmento del libro *Una breve historia del tiempo* de Stephen Hawking: "Cualquier teoría física es siempre provisional, en el sentido de que es solo una hipótesis: nunca se puede probar. A pesar de que los resultados de los experimentos concuerden muchas veces con la teoría, nunca podremos estar seguros de que la próxima vez el resultado no vaya a contradecirla. Sin embargo, se puede rechazar una teoría en cuanto se encuentre una única observación que contradiga sus predicciones".
- Desde aquí en adelante, se puede profundizar en las evidencias que han dado soporte a la teoría cosmológica del Big Bang, haciendo que sea la más citada en la comunidad científica. No obstante, es importante evitar mostrar la teoría del Big Bang como una verdad absoluta e indiscutible. Es natural que exista algún tipo de resistencia en creerla. Hoy continúan voces discordantes entre filósofos y científicos.

Elaboración de un ensayo

- A modo de cierre de la actividad, los estudiantes plantean preguntas sobre los límites de validez e implicancias de la teoría del Big Bang en la sociedad, y responden a través de ensayos breves.

Conexión interdisciplinaria:
Lengua y Literatura.
OA 6, 3° medio.

Observaciones al docente

Es posible que los estudiantes hayan tenido previamente la oportunidad de desarrollar ensayos en ciencias; pero, de todos modos, se recomienda seguir el formato e instrucciones practicadas en la asignatura de Lengua y Literatura.

Así, los ensayos que realicen los estudiantes deberán cumplir, como mínimo, con elementos como los siguientes:

- Selección de un tema controversial o una pregunta relacionada con el tema en estudio.
- Introducción (definición del tema controversial y presentación de la afirmación central del trabajo).
- Desarrollo (presentación de los distintos argumentos, ejemplos, contraargumentos y refutaciones).
- Conclusión (síntesis de lo expuesto en el desarrollo, reafirmación o no de la afirmación central del trabajo).
- Esquemas, gráficos, tablas e imágenes, si son realmente necesarias.
- Bibliografía.

Limitar estos ensayos a unas tres o cuatro páginas y en un formato electrónico que facilite compartirlo con el resto de los estudiantes del curso u otros interesados en los temas.

Para los estudiantes que presenten dificultades en la redacción del ensayo final, investigar dónde está el problema: ¿el formato exigido?, ¿las ideas por presentar? Despejar las dudas sobre el formato por medio de ejemplos y, respecto a la expresión escrita de las ideas, sugerir que antes de escribir las verbalicen. Sería interesante que, una vez evaluados los diversos ensayos, el docente comparta con los estudiantes los aspectos comunes y distintivos de estas producciones.

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Describen las relaciones entre las explicaciones científicas sobre el origen y la evolución del universo y las evidencias que las sustentan.
- Construyen argumentos sobre la influencia de la realidad geográfica, social y cultural en la construcción de cosmogonías.

RECURSOS Y SITIOS WEB



- BBC Mundo (2019) *Teoría de la relatividad de Einstein: el eclipse hace 100 años que confirmó "el pensamiento más feliz" del célebre científico alemán*. El Mostrador. Recuperado de www.curriculumnacional/link/https://m.elmostrador.cl/cultura/2019/05/25/teoria-de-la-relatividad-de-einstein-el-eclipse-hace-100-anos-que-confirio-el-pensamiento-mas-feliz-del-celebre-cientifico-aleman/
- Claro, F. (2011) *De Newton a Einstein y algo más*. Ediciones UC.
- *Cosmología*. Asociación para la Enseñanza de la Astronomía. Recuperado de www.curriculumnacional/link/https://www.apea.es/cosmologia/
- Hamuy, M. (2018). *El universo en expansión. Desde el Big Bang al Homo Sapiens*. Santiago: Debate.
- Hawking, L., Hawking, S. (2013). *El origen del universo*. Buenos Aires: Montena.
- Lineaweaver, C., Davis, T. (2005). Misconceptions about the Big Bang. *Scientific American*. Recuperado de www.curriculumnacional/link/https://www.mso.anu.edu.au/~charley/papers/LineweaverDavisSciAm.pdf
- Maza, J. (2017). *Somos Polvos de Estrellas. Cómo entender nuestro origen en el cosmos*. Santiago: Planeta.
- Padilla, N. (2013). *El universo extremo. La historia del cosmos con telescopios, satélites y supercomputadores*. Santiago: Ediciones B.
- Palomar, R., Solbes, J. (2015). Evaluación de una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*. 33(2), 91-111.
- Ruiz, M. (2017). Hijos de las estrellas. La astronomía y nuestro lugar en el universo. Santiago: Debate.