

El uso de analogías en la enseñanza y aprendizaje del tiempo geológico

Diego Corrochano 

Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales.
Universidad de Salamanca. España. dcf@usal.es

[Recibido: 9 enero 2025, Revisado: 28 marzo 2025, Aceptado: 25 abril 2025]

Resumen: El empleo de analogías es un excelente recurso para ayudar a los estudiantes a comprender conceptos abstractos en clase de ciencias, como es el tiempo geológico. Con el objetivo de determinar qué analogías son las más adecuadas para trabajar este concepto en el aula, este trabajo trata de identificar cuáles son más efectivas, si aquellas que se fundamentan en la relación tiempo-tiempo o las que se basan en la de tiempo-espacio. Para ello, se analizan las analogías elaboradas por 131 futuros maestros de Educación Primaria, en las que ellos mismos propusieron el análogo y construyeron la analogía. A través de un cuestionario respondido antes y después de la construcción de la analogía, se concluye que las analogías basadas en una relación tiempo-espacio tienen una mayor eficacia que las de tiempo-tiempo, teniendo las primeras un impacto significativo tanto en el aprendizaje del tiempo geológico relativo como del absoluto.

Palabras clave: Analogías, tiempo geológico, propuesta de enseñanza, enseñanza de la geología.

The use of analogies in the teaching and learning of geological time

Abstract: The use of analogies is an excellent resource to help students understand abstract concepts in science classes, such as geological time. This study investigates which type of analogies are most effective for addressing this concept in the classroom: those based on time-to-time conversion or those relying on time-to-space relationships. For this purpose, analogies developed by 131 Primary Education pre-service teachers were analyzed in which they themselves proposed the analog and constructed the analogy. Using a pre- and post-test questionnaire, the findings revealed that analogies based on time-to-space conversions were more effective than those based on time-to-time relationships. The former showed a significant impact on students' understanding of both relative and absolute geologic time.

Keywords: Analogies, geologic time, teaching proposal, geology education.

Para citar este artículo: Corrochano, D. (2025). El uso de analogías en la enseñanza y aprendizaje del tiempo geológico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 22(2), 2103.

https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i2.2103

Introducción

El concepto de tiempo geológico, introducido por James Hutton, marcó el nacimiento de la geología moderna. Desde entonces, los geólogos se preocupan por el tiempo transcurrido desde que se formó el planeta, no solo para ordenar la serie de eventos clave que han ocurrido, sino también para entender multitud de procesos y fenómenos naturales que abarcan lapsos de tiempo muy variables, desde unos segundos hasta millones o decenas de millones de años. Y es que, entender la inmensidad del tiempo geológico, es fundamental en la geología y en la alfabetización científica de la ciudadanía. El tiempo geológico está presente de manera transversal en todas las ideas clave para la alfabetización en ciencias de la Tierra (Pedrinaci et al., 2013). Es esencial para comprender la teoría de la Tectónica de Placas, paradigma de la geología moderna (Gobert, 2005), o las teorías evolutivas (Cotner et al., 2010). El hecho de que el alumnado desarrolle una concepción dinámica del tiempo es clave para entender los impactos de la actividad humana sobre el entorno, destacando cómo muchos de estos efectos no son reversibles en escalas temporales humanas. Así,

contribuye a establecer los límites del uso sostenible de los recursos naturales y es esencial para entender el fin de la era de los combustibles fósiles y el impacto humano en el cambio climático actual (Lombardi y Sinatra, 2012).

Algunos de los objetivos de aprendizaje sobre el tiempo geológico vienen recogidos en los *National Science Education Standards* (National Research Council, 1996) que recomiendan que a partir de los últimos cursos de Educación Primaria (grados 5-8), se comience a desarrollar una comprensión de la historia de la Tierra y de los principios fundamentales de la estratigrafía, incluida una comprensión básica del uniformismo y el catastrofismo. En el contexto educativo español (RD 157/2022 y RD 217/2022), aunque el tiempo geológico no se trabaja como contenido específico hasta 4º de ESO (15-16 años de edad) en la asignatura optativa Biología y Geología, se empieza a introducir en Educación Primaria en el Área Curricular de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural. En los primeros cursos está asociada con acontecimientos históricos y ya en el quinto curso (10-11 años de edad), aparece en la “Vida sobre nuestro planeta” y en “Sociedades y Territorios”, donde se aborda el estudio del universo y del futuro de la Tierra, y se analizan algunos fenómenos que tienen repercusión en la vida de los seres humanos, así como contenidos sobre el cambio climático.

A pesar de su importancia, se trata de uno de los contenidos formativos de la geología que, posiblemente, más dificultades de aprendizaje presenta (Dodick y Orion, 2003; Johnson et al. 2014; Libarkin et al. 2007). La complejidad es debida a la propia naturaleza del tiempo como una entidad abstracta y relativa, a su inmensa magnitud, a la necesidad de manejar edades absolutas y relativas, y la dificultad de imaginar mentalmente procesos extremadamente rápidos o lentos, que requieren períodos de observación muy prolongados y van más allá de cualquier experiencia en la vida humana.

Para ayudar al alumnado a comprender mejor el tiempo geológico, este trabajo analiza el impacto que tiene en su aprendizaje la construcción de analogías creadas por ellos mismos. Además, se propone investigar la diferencia formativa entre las analogías basadas en una relación tiempo-tiempo, o aquellas basadas en una tiempo-espacio.

Analogías en la clase de ciencias

El uso de comparaciones como analogías o metáforas, constituye una actividad espontánea de todas las personas para intentar comprender lo desconocido. El empleo de las analogías es una herramienta fundamental en muchos avances científicos y durante décadas han constituido un recurso didáctico esencial en la clase de ciencias (Coll, 2015; Duit, 1991; Glynn, 1991). Numerosos estudios han demostrado su eficacia con alumnos de primaria (Haglund et al., 2012; Pittman, 1999), alumnos de secundaria (Aragón-Méndez et al., 2014; Mozzer y Justi, 2012), estudiantes universitarios (Orgill y Bodner, 2004) o profesorado en formación inicial (Gómez-Ochoa de Alda et al., 2024; James y Scharmann, 2007; Kurt, 2019; Ritger y Cummins, 1991; Treagust et al., 1998; Haglund y Jeppsson, 2012). Estos últimos estudios con profesorado en formación inicial son especialmente relevantes, ya que en ocasiones se ha observado que los futuros docentes diseñan y utilizan analogías de manera inadecuada, influenciados por sus bajos niveles de conocimiento disciplinar en ciencias (Marcos-Merino et al., 2021).

Una analogía es una comparación entre dos sistemas o dominios de conocimiento que mantienen cierta relación de semejanza entre sí a nivel funcional o estructural. Su utilización en clase ayuda a los alumnos a entender fenómenos naturales mediante la comparación del concepto científico que se quiere aprender (tópico, diana o blanco) con un objeto o evento familiar (análogo), que es conocido y comprendido por los estudiantes (Gentner, 1983). Las analogías guían a los alumnos en la construcción de una representa-

ción o modelo mental del modelo científico a aprender, por lo que son consideradas como un recurso importante en la elaboración de modelos en el proceso de enseñanza-aprendizaje en ciencias experimentales (Jiménez-Tenorio et al., 2022; Oliva y Aragón-Méndez, 2009). Además de ayudar en el proceso de modelización, su empleo favorece la memorización de información, el desarrollo de destrezas de razonamiento científico, el cambio conceptual o la comprensión de la naturaleza de la ciencia, y son también muy utilizadas para enseñar fenómenos a escalas extremas (Duit, 1991; Resnick et al., 2017).

La efectividad de las analogías depende de diversos factores, entre los que destacan la metodología seguida en su implementación o las características del propio análogo utilizado. La elección del análogo constituye el punto de partida en cualquier enfoque, ya que determina las posibles relaciones analógicas relevantes con el tópico que los alumnos pueden llegar a aprender (Glynn, 1991). Según Oliva et al. (2015), estas relaciones pueden ser superficiales (tópico y análogo son próximos en apariencia física y con similitudes entre características aisladas de ambos, como el color, la forma o el tamaño); estructurales (tópico y análogo son próximos en apariencia física y las semejanzas se deben a paralelismos entre pares de elementos de ambos, como proporción de tamaños, interacciones entre elementos o distribución espacial de sus partes); o funcionales (tópico y análogo funcionan o se comportan de manera similar, representando el máximo nivel de progresión de conocimiento). Sin embargo, cuando se trabaja con escalas extremas como el tiempo geológico, muchas veces puede que no sea posible que el concepto base y el concepto objetivo estén estructuralmente alineados, ya que es enorme la diferencia de magnitud entre la escala extrema y la escala humana.

Las buenas analogías tienen que cumplir una serie de principios generales en su elaboración y uso. De acuerdo con diversos autores (Duit, 1991; Glynn, 1991; Oliva et al., 2001; Tise et al. 2023; Treagust et al. 1998), el análogo debe ser: 1) más accesible que el blanco y referirse a una situación cotidiana y accesible para los alumnos; 2) concreto y específico, ya que los análogos imprecisos o abstractos generan malinterpretaciones por parte los alumnos; 3) representable a través de una imagen o de algo que sea tangible; 4) tener una semejanza con el blanco, ni demasiado grande (las semejanzas muy grandes no resultan estimulantes para el alumnado), ni demasiado pequeña (ya que los alumnos pueden tener dificultades a la hora de encontrar las similitudes entre ambos conceptos; y 5) no estar relacionado con concepciones alternativas. Es conveniente recordar que las analogías tienen sus virtudes y utilidades, pero también sus limitaciones, es decir, pueden ser consideradas como *armas de doble filo*. Si las analogías son apropiadas, fomentan el aprendizaje de conceptos porque favorecen que los alumnos establezcan relaciones entre los conocimientos anteriores y los nuevos. Pero a veces los alumnos no las interiorizan en el sentido deseado, y utilizan sus conocimientos y experiencias personales previas para interpretar la analogía de un modo inadecuado, pudiendo generar concepciones alternativas (Duit, 1991; Gray y Holyoak, 2021; Harrison y Treagust, 2006; Oliva et al., 2001). Por lo tanto, conocer las características, complejidad y dificultad de las analogías que se utilizan en clase tiene efectos importantes en la enseñanza y aprendizaje de cualquier tópico científico.

Teniendo en cuenta estos principios generales, y desde una postura socioconstructivista, muchos investigadores promueven el uso de analogías generadas por los propios estudiantes, ya que ayudan a los alumnos a desarrollar una comprensión más profunda del contenido al trabajar con conceptos que el estudiante ya comprende (Coll et al., 2005). De acuerdo con Wong (1993), en su estudio con profesorado en formación inicial, cuando los estudiantes elaboran sus propias analogías a partir de su conocimiento previo (aunque este sea incompleto y esté desestructurado), pueden experimentar un desarrollo conceptual. En este sentido, dichas analogías son herramientas que favorecen la comprensión, más que re-

presentaciones finales de explicaciones o soluciones correctas. En cambio, otros autores sostienen que en ocasiones los estudiantes carecen de las bases científicas suficientes para poder plantear analogías adecuadas, siendo por tanto recomendable una instrucción previa para poder afrontar la tarea y construir su nuevo conocimiento (Marcos-Merino et al., 2021; Mozzer y Justi, 2012; Pittman, 1999).

El empleo de las analogías es muy útil en muchos ámbitos del conocimiento, pero es especialmente relevante en el aprendizaje de las ciencias de la Tierra, ya que muchos de los procesos se producen en espacios y en lapsos de tiempo tan grandes que los alumnos no pueden percibirlos directamente porque son difícilmente asimilables a escala humana. A pesar de ello, en la literatura se observa que los tópicos más frecuentes están relacionados con el ámbito de la física y la química, por ejemplo, con la modelización del átomo, las moléculas y otros conceptos asociados a la teoría cinético-molecular, como son la atracción o la colisión entre moléculas o los diferentes estados de agregación (Marrero y González, 2023). Sin embargo, muy pocos se centran en las analogías utilizadas en ciencias de la Tierra y la geología, siendo realmente escasos los relacionados con un concepto clave en la alfabetización científica como es el modelo de tiempo geológico. Este trabajo pretende contribuir a reducir esa carencia en la literatura científica.

El tiempo geológico y las analogías

Una actividad habitual para trabajar el tiempo geológico en el aula consiste en proporcionar al alumnado una lista de eventos para que los coloquen en un orden secuencial correcto siguiendo una determinada escala. Sin embargo, algunos autores advierten que este tipo de tareas dan lugar más bien a una evaluación de la comprensión del proceso matemático necesario para comprender las escalas, en lugar de trabajar la verdadera comprensión del tiempo geológico (Hermann y Lewis, 2004). Como se trata de un concepto tan complejo y abstracto, desde hace varias décadas los profesores recurren a otro tipo de planteamientos para intentar favorecer una mejor conceptualización de este. Así, es también muy frecuente recurrir al uso de analogías para ayudar a los alumnos a entender en profundidad una escala temporal tan enorme. En este sentido, algunos autores han argumentado que las analogías y metáforas más eficaces para aprender el tiempo geológico son aquellas que realizan los propios estudiantes, en las que eligen la escala y la propia comparación en sí misma (Ritger y Cummins, 1991). De esta manera, se asegura que el análogo sea accesible para los alumnos, aunque también se corre el riesgo de que se desarrollen explicaciones idiosincrásicas de los fenómenos estudiados o se confundan realizando comparaciones demasiado complejas (Haglund y Jeppsson, 2012).

Existe un amplio catálogo de analogías sobre el tiempo geológico publicadas en manuales especializados o en recursos en línea (ver algunos ejemplos en Alegret et al. 2001). Una de las más conocidas es la propuesta por Don Eicher de comprimir todo el tiempo geológico, los 4.600 millones de años (Ma), en un solo año (Eicher, 1976, p.19):

A esa escala, las rocas más antiguas que conocemos tienen fecha de mediados de marzo. Los seres vivos aparecieron en el mar por primera vez en mayo. Las plantas y los animales terrestres emergieron a finales de noviembre y las amplias ciénagas y pantanos que formaron la mayor parte de depósitos de carbón florecieron aproximadamente durante cuatro días a principios de diciembre. Los dinosaurios dominaron la Tierra a mediados de diciembre, pero desaparecieron el día 26, más o menos a la vez que se levantaron por primera vez las Montañas Rocosas. Criaturas de aspecto humano aparecieron en algún momento de la tarde del 31 de diciembre y los casquetes polares continentales más recientes empezaron a retroceder desde el área de los Grandes Lagos y el norte de Europa alrededor de 1 minuto y 15 segundos

antes de la media noche del 31. Roma gobernó el mundo occidental durante cinco segundos, desde las 23 h 59' 45" hasta las 23 h 59' 50". Colón descubrió América tres segundos antes de la medianoche, y la ciencia de la geología nació con los trabajos de James Hutton, solo poco más de un segundo antes de que finalice nuestro memorable año de años.

Además de la analogía del año de Eicher, existen otro tipo de comparaciones basadas en transformar el tiempo geológico en otras unidades temporales. Es por ejemplo muy frecuente recurrir a la duración de un día entero (24 h) o al transcurso de una jornada de 12 h (representada gráficamente a lo largo de una esfera de un reloj analógico). También, es habitual realizar una escala de tiempo geológico basada en la vida de una persona adulta, con fechas relativas y absolutas de los diferentes acontecimientos ocurridos (Hermann y Lewis, 2004; Petcovic y Ruhf, 2008).

Existen otras analogías que se basan en transformar el tiempo geológico en unidades de volumen, masa o espacio (longitud), siendo estos ejemplos también muy comunes en la web o en la literatura especializada (Alegret et al., 2001). Se ha llegado incluso a plantear modelos de tiempo geológico a lo largo de paseos de varios kilómetros de longitud, como el 'Camino del tiempo' en el Gran Cañón del Colorado (National Park Service, 2023), en los que los alumnos pueden recorrer el paisaje caminando largas distancias (Semkem et al., 2009).

Una analogía tiempo-espacio muy interesante, desde un punto de vista histórico, es la que realiza Charles Darwin en el Origen de las Especies (p. 289):

Pocos de nosotros, sin embargo, sabemos lo que realmente significa un millón. Mr. Croll pone el siguiente ejemplo: tómese una estrecha tira de papel de 83 pies y cuatro pulgadas de largo [26,3 metros], extiéndase a lo largo de la pared de una gran sala y señálese luego en un extremo una décima de pulgada [2,5 milímetros]. Esta décima de pulgada representará un siglo, y la tira entera un millón de años.

En esta analogía, además de trabajar el tiempo geológico, se aborda otro de los grandes desafíos en el proceso de enseñanza y aprendizaje del tiempo geológico, que es el problema de la comprensión de los grandes números. En este sentido, se ha demostrado que alumnos de diferentes niveles educativos carecen de los conocimientos necesarios para comprender el significado de números cardinales tan elevados, por lo que para ellos es extremadamente difícil comprender también tales cifras cuando se asocian a magnitudes temporales (Cheek, 2012).

Preguntas de investigación

Teniendo en cuenta el amplio catálogo de analogías que se pueden utilizar para trabajar el tiempo geológico, e independientemente de la metodología empleada en su implementación, resulta interesante comprobar su efectividad y conocer qué tipo de analogías son las más efectivas. De una manera específica, este trabajo trata de dar respuesta a las dos siguientes preguntas:

PI.1. ¿Cómo impacta en la comprensión del tiempo geológico el uso de analogías creadas por los futuros maestros?

PI.2. ¿Qué tipo de analogías resultan más efectivas para enseñar el tiempo geológico: las basadas en la relación tiempo-tiempo o las de tiempo-espacio?

Metodología

Diseño del estudio

El estudio emplea un diseño cuasi-experimental que incluye evaluaciones antes (pre-test) y después (post-test) de la intervención, utilizando un cuestionario para medir el conocimiento sobre el tiempo geológico. Se utilizaron dos grupos de trabajo: uno trabajó con analogías basadas en la relación tiempo-tiempo (grupo tiempo) y el otro con analogías basadas en la relación tiempo-espacio (grupo espacio). Ambos grupos fueron asignados aleatoriamente. El enfoque del estudio es cuantitativo y se evaluó si el uso de las analogías construidas por los propios estudiantes, y en qué medida el tipo de analogía, mejora su comprensión del tiempo geológico.

Participantes

Se ha empleado un muestreo no probabilístico y de conveniencia, consistente en alumnos matriculados en la misma asignatura. En concreto, los datos que se presentan se recogieron en los cursos 2021/2022 y 2022/2023. La muestra inicial de estudio estaba formada por 187 estudiantes universitarios del Grado en maestro en Educación Primaria, matriculados en una asignatura de segundo curso relacionada con las ciencias de la naturaleza y su didáctica en una universidad pública del noroeste de España. Únicamente 131 completaron en su totalidad la instrucción y realizaron la prueba pre-test y post-test, que es la muestra final presentada en el estudio. De esos 131, el 72% eran mujeres y el 28% hombres, con una media de edad de 20,4 años.

Instrumento de recogida de información

Para la recogida de información, se utilizaron tres preguntas adaptadas del *Geoscience Concept Inventory GCI v.3* (Libarkin y Anderson, 2006). La primera pregunta era abierta y preguntaba sobre la edad absoluta del planeta; las otras dos preguntas eran de respuesta de opción múltiple y estaban basadas en imágenes.

La segunda pregunta consistía en una figura con cinco líneas temporales diferentes de la historia de la Tierra, mostrando cuatro eventos clave en la evolución de la vida. Los estudiantes debían seleccionar la opción que mejor representara la cronología de esos eventos. Esta pregunta fue diseñada para evaluar el modelo mental de los estudiantes sobre el tiempo geológico (Corrochano y Gómez-Gonçalves, 2020).

La tercera pregunta mostraba cuatro globos terráqueos con distintas configuraciones de las masas continentales, y los estudiantes debían identificar cuál correspondía a la distribución de los continentes en la época de aparición del *Homo sapiens*.

Los detalles completos de las preguntas se encuentran en el Anexo 1.

El cuestionario se respondió en el horario habitual de clase utilizando dispositivos móviles personales. El post-test se realizó cuatro semanas después de la intervención educativa.

Intervención docente

La intervención tuvo lugar en unas clases introductorias sobre el medio físico y las ciencias de la Tierra, y el uso de las analogías en la clase de ciencias. Se desarrolló en dos sesiones de dos horas cada una. La primera (común para ambos grupos de trabajo) consistió en una clase expositiva por parte del profesor (apoyada en una presentación de Nearpod), en la que se abordaron contenidos disciplinares como el concepto de tiempo geológico, tiempo relativo y tiempo absoluto, edad de la Tierra y la evolución de su conocimiento científico, la teoría del Uniformismo y Actualismo y su repercusión en las teorías evolutivas, y una breve introducción a la escala cronoestratigráfica. Se prestó especial atención en

el empleo de diferentes escalas temporales: humana y geológica. Como sugieren Dodick y Orion (2006), se introdujeron seis escalas de tiempo diferente, el propio tiempo geológico (4.600 Ma), el tiempo biológico (3.800 Ma), el tiempo de los fósiles (540 Ma), la evolución humana (2 Ma), la civilización (5.000 años) y la vida de una persona (75 años).

La segunda sesión consistió en una introducción sobre el empleo de las analogías en el aula para comprender fenómenos y conceptos científicos abstractos. Se explicaron las características necesarias para que las analogías sean útiles y funcionales en la clase de ciencias, su valor didáctico y sus limitaciones (Oliva et al., 2001). A modo de ejemplo, y siguiendo un modelo de enseñanza con analogías muy similar al propuesto por Glynn (1991), se emplearon dos analogías para ayudar a los alumnos a conceptualizar el tiempo geológico. En el grupo tiempo se presentó la analogía del año geológico (Eicher, 1976). En el caso del grupo espacio, se empleó la analogía del “rollo de papel higiénico”, que consiste en representar los 4.600 Ma en 46 fragmentos de papel higiénico (Alegret et al. 2001).

Ambas analogías se analizaron entre toda la clase, estableciendo un debate entre qué cosas tienen en común los conceptos y las similitudes de los análogos propuestos con el tiempo geológico. Se llamó la atención de la diferente naturaleza de las analogías y de las distintas comparaciones que se hacían (relación tiempo-tiempo y tiempo-espacio), así como de las limitaciones que presentaban. Por ejemplo, ambos análogos se subdividen en subdivisiones iguales (meses o fragmentos de papel higiénico), cosa que no ocurre con las subdivisiones de la tabla cronoestratigráfica, o en el caso del año, se plantea una comparación cíclica del tiempo, una percepción inusual en nuestras sociedades modernas.

Por último, para profundizar en la utilidad de las analogías como recurso didáctico en su futuro profesional (Shulman, 1986), se pidió a los alumnos que construyeran de forma individual una analogía para explicar el tiempo geológico, siendo ellos mismos los que propusieran el análogo y elaboraran la analogía. Para realizar la tarea, la consigna fue que tenían que cumplir los aspectos generales de diseño de analogías propuestos por Oliva et al. (2001) y emplear los eventos que se recogen en la Tabla 1, 25 hitos que incluyen algunos de los más importantes en la historia geológica, biológica y de la humanidad.

El grupo tiempo tuvo que elaborar una analogía basada en la relación tiempo-tiempo, mientras que el grupo espacio tenía que elaborar una basada en el tiempo-espacio. Para explicar el ejercicio, nuevamente se proporcionaron algunos ejemplos de analogías, como equiparar todo el tiempo geológico con la duración de 1 día (para el grupo tiempo), o equiparar el tiempo geológico con la distancia que separa la facultad con el centro de la ciudad (para el grupo espacio). En los dos casos, se pidió a los estudiantes que, en la medida posible, fuesen originales a la hora de plantear sus analogías.

Tabla 1. Lista de acontecimientos empleados en el ejercicio de elaboración de la analogía.

Evento	Edad
Actualidad*	-
El hombre pisa la Luna	1969 DC
Revolución industrial (inicio de la quema de combustibles fósiles)	1850 DC
Inicio de las sociedades modernas: los humanos se conectan globalmente alrededor del mundo intercambiando ideas, tecnología y bienes	1492 DC
Surgimiento de la agricultura y la ganadería	Hace 7.000 a
Final de la Última Glaciación	Hace 12.000 a
Inicio de la Última Glaciación	Hace 100.000 a
Aparición del ser humano (<i>Homo sapiens</i>)	Hace 200.000 a
Aparición de los homínidos*	Hace 4 Ma
Extinción de los dinosaurios*	Hace 65 Ma
Aparición de las praderas y las plantas con flores: el origen de las Angiospermas cambia el paisaje	Hace 140 Ma
Primeras aves y mamíferos	Hace 160 Ma
Apertura del Océano Atlántico tras la ruptura y fragmentación del supercontinente Pangea	Hace 225 Ma
Origen de los dinosaurios*	Hace 245 Ma
El hemisferio sur de Pangea se cubre de hielo	Hace 300 Ma
Aparición de los reptiles	Hace 340 Ma
Primeras plantas terrestres y anfibios	Hace 400 Ma
Primeros peces primitivos	Hace 500 Ma
Explosión de vida en la Tierra: los animales se acorazan facilitando su fosilización. Primeros invertebrados con concha	Hace 540 Ma
Primeros seres pluricelulares	Hace 750 Ma
Primera célula eucariota	Hace 2.200 Ma
Tránsito de una atmósfera reductora a oxidante (con oxígeno libre)	Hace 2.500 Ma
Origen confirmado de la vida. Primera célula procariota*	Hace 3.500 Ma
Roca más antigua datada	Hace 3.900 Ma
Formación de la Tierra y del Sistema Solar	Hace 4.600 Ma

Nota. Con asterisco (*) se indican aquellos eventos que de manera explícita se preguntan en los instrumentos pre- y post-test. Fuente: elaboración propia.

Análisis de datos

Antes de realizar el análisis estadístico, se revisaron las analogías propuestas por los estudiantes y aquellas que no cumplían con los aspectos generales de diseño o presentaban errores en la configuración de la escala, fueron descartadas para el análisis. De las 131 analogías iniciales, se desestimaron 8 (5 pertenecían al grupo tiempo y 3 al de espacio). Las del grupo tiempo se desecharon porque contenían errores de cálculo en el cambio de unidades, mientras que las del grupo espacio no cumplían con la escala gráfica (presentaban una escala distorsionada para poder representar más fácilmente los eventos más modernos).

Para realizar el análisis de los cuestionarios, se convirtieron los resultados en respuestas binarias. De acuerdo con Corrochano y Gómez-Gonçalves (2020), en la pregunta 1 (edad

absoluta del planeta) se analizaron los rangos de edad asignándoles a cada uno de ellos un código numérico de 1 (si la edad estaba comprendida entre 4.000 Ma y 5.000 Ma) o 0 (resto de respuestas). En las preguntas 2 y 3, la respuesta correcta se codificó con un 1 («D» y «A», respectivamente, Anexo 1), mientras que el resto de las respuestas se codificaron con un 0.

Posteriormente se calcularon las medianas, medias y desviaciones estándar en el pre-test y el post-test de los dos grupos. Para comprobar la homogeneidad entre el grupo tiempo y grupo espacio, se comprobó si había diferencias significativas entre ambos grupos en el pre-test. A continuación, se analizó si había diferente significación en el rendimiento pre-test y post-test en ambos grupos. Como mediante el contraste de Shapiro-Wilk se comprobó que los datos no se distribuían normalmente, se utilizó la prueba no paramétrica W de Wilcoxon. El nivel de significación utilizado en los contrastes fue del 5%. Para interpretar su valor, se añadió su tamaño del efecto (*r*). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa JASP 0.18.1.

Resultados

Analogías propuestas

Una gran mayoría de la muestra empleó análogos cercanos a sus intereses o a su propia experiencia personal (Tabla 2).

Tabla 2. Analogías propuestas por los estudiantes para trabajar el tiempo geológico.

Tipo de analogía	Analogía propuesta	% (f)
Grupo tiempo (tiempo-tiempo) n= 57	Duración de una jornada escolar	3,5 (2)
	Duración de un curso académico	3,5 (2)
	Duración de un mes	7 (4)
	Duración de un día (24 h)	5,3 (3)
	Duración de una jornada (12 h)	15,8 (9)
	Duración de un viaje	5,3 (3)
	Duración de un partido de fútbol o de baloncesto	10,5 (6)
	Duración de la canción o película favorita	21 (12)
	Vida de una persona	12,3 (7)
	Periodo de gestación del ser humano	7 (4)
Grupo espacio (tiempo-espacio) n= 66	Otros	8,8 (5)
	Objetos circulares en porciones (pizza, tarta)	9,1 (6)
	Cuerpo humano (altura o longitud del brazo)	9 (6)
	Distancia entre dos localizaciones	16,7 (11)
	Distancia de carreras deportivas	4,5 (3)
	Longitud o altura de diferentes construcciones	12,1 (8)
	Longitud de un campo de fútbol, pista de atletismo o esquí	9,1 (6)
	Longitud de objetos cotidianos u otros elementos (lapicero, autobús, guitarra, bota, botella, regla, helado etc.)	31,8 (21)
	Otros	7,6 (5)

Explicaron, por ejemplo, que su análogo se basaba en la duración de su canción favorita, la duración de un partido de fútbol (deporte que practicaban, Figura 1a), el tamaño del instrumento musical que tocaban o la distancia desde su casa hasta la facultad, camino que recorrían diariamente. En términos generales, hubo más variedad y originalidad en las analogías propuestas por el grupo espacio que en las del grupo tiempo.

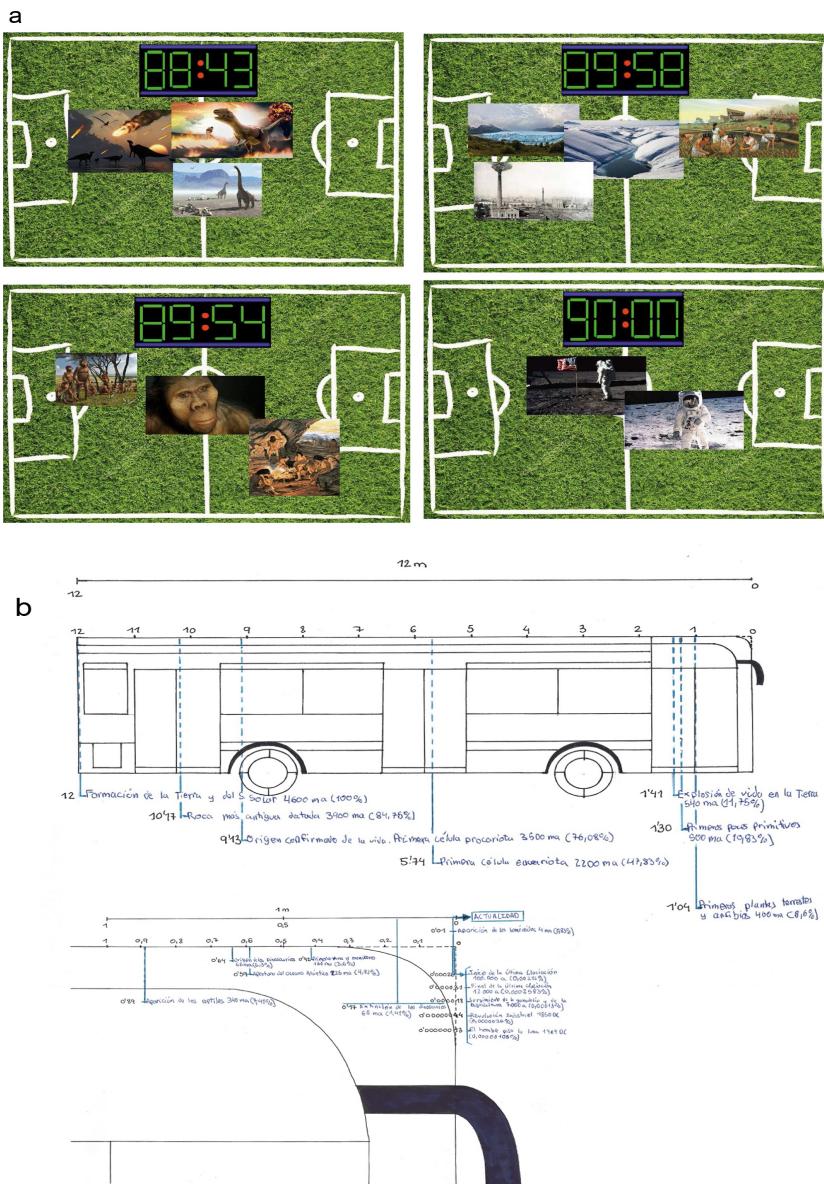


Figura. 1. Ejemplos de analogías realizadas por los alumnos: a) grupo tiempo; y b) grupo espacio.

Hay que llamar la atención de que algunas de las representaciones en ambos grupos fueron muy semejantes superficialmente. Por ejemplo, aquellas producciones de los alumnos del grupo espacio que utilizaron una tarta o una pizza dividida en porciones (gráfico sectorial) y aquellas del grupo tiempo que representaron el tiempo geológico equiparándolo con la duración de una jornada de 12 h, representada en la esfera de un reloj analógico. Es también llamativo que, en muchas ocasiones, debido a la dificultad de tener que representar varios eventos modernos en un lapso relativamente corto, muchos alumnos protestaron (“¡es imposible!”, “¡no entran!”) y decidieron realizar ampliaciones sobre sus representaciones; en esos momentos se recordó que en el ejercicio había que mantener la proporción

nalidad de la escala. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 1b, en la que se compara el tiempo geológico con la longitud de un autobús urbano, el alumno, ante los problemas derivados de la escala gráfica utilizada (papel de tamaño A4), tuvo que distorsionar la misma y ampliarla para representar los eventos históricos.

La complejidad de representar los eventos más modernos por la escala utilizada está presente en los dos grupos. En el grupo tiempo, la solventaron más fácilmente aquellos estudiantes que decidieron representar su analogía utilizando viñetas para diferentes momentos de tiempo o emplearon relojes digitales. Como se observa en la Figura 1a, se compara el tiempo geológico con la duración de un partido de fútbol (nótese que sólo se representan en el presente trabajo las últimas cuatro viñetas de la analogía) y el alumno decidió representar los acontecimientos históricos del siglo XX en el minuto 90. El hecho de utilizar la representación de un reloj digital (mediante viñetas) posibilitó representar con detalle todos los eventos.

Impacto de las analogías en la enseñanza y aprendizaje del tiempo geológico

La tarea de construir una analogía personal para aprender el concepto de tiempo geológico tuvo un impacto positivo en la muestra estudiada, aumentando notablemente la puntuación media en ambos grupos en las dos primeras preguntas (tiempo absoluto y tiempo relativo), mientras que en la tercera, los resultados se mantuvieron prácticamente constantes, no mostrando ningún tipo de progreso (Tabla 3).

Tabla 3. Mediana, media y desviación estándar en las pruebas pre-test y post-test entre ambos grupos.

Tipo de analogía	Test	Pregunta 1			Pregunta 2			Pregunta 3		
		Mdn	M	DE	Mdn	M	DE	Mdn	M	DE
Tiempo-tiempo n= 57	Pre-test	1	0,58	0,5	0	0,37	0,49	0	0,25	0,43
	Post-test	1	0,74	0,44	0	0,42	0,5	0	0,28	0,45
Tiempo-espacio n= 66	Pre-test	1	0,64	0,48	0	0,27	0,45	0	0,32	0,47
	Post-test	1	0,82	0,39	0	0,42	0,5	0	0,3	0,46

Nota. Mdn= mediana; M= media aritmética; DE= desviación estándar.

Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney mostraron que no había diferencias significativas en el pre-test entre el grupo tiempo y el espacio en ninguna de las tres preguntas analizadas, siendo los valores iniciales en ambos grupos muy similares (Tablas 3 y 4).

Los resultados del test de Wilcoxon revelaron un avance considerable y diferencias significativas en dos de las tres preguntas entre los resultados pre-test y post-test. En concreto, el grupo tiempo presentaba diferencias significativas en la primera pregunta, con un efecto práctico moderado $r = -0,43$ (Cohen, 1988). En el caso del grupo espacio, se observaron diferencias significativas en las dos primeras preguntas, con un efecto moderado $r = -0,46$ y alto $r = -0,56$, respectivamente. La tercera de las preguntas analizadas no mostró diferencias significativas antes y después de la intervención en ninguno de los dos grupos (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de la prueba de contraste Wilcoxon entre el pre-test y el post-test del grupo espacio y grupo tiempo.

Tipo de analogía	Pregunta 1			Pregunta 2			Pregunta 3		
	W	valor p	r	W	valor p	r	W	valor p	r
Tiempo-tiempo n= 57	66	0,05*	-0,43	35	0,43	-0,23	22	0,57	-0,2
Tiempo-espacio n= 66	94,5	0,02*	-0,46	38	0,02*	-0,56	81	0,83	0,06

*Nota: W= estadístico de la prueba Wilcoxon; *p significante al nivel $\leq 0,05$; r=magnitud del efecto.

Discusión y consideraciones finales

Se suele recurrir habitualmente al uso de analogías para enseñar a los alumnos una amplia gama de contenidos abstractos en clase de geología, desde los conceptos más básicos, hasta los sistemas más complicados. Este trabajo ha corroborado que la elaboración de analogías por parte de los estudiantes, en la que ellos mismos son los que proponen el análogo y construyen la analogía, es un excelente recurso que les ayuda a entender conceptos de difícil comprensión, como el tiempo geológico. Los resultados concuerdan con trabajos anteriores en los que se había analizado el impacto formativo del empleo de las analogías en la enseñanza y aprendizaje del tiempo geológico (Hermann y Lewis, 2004; Ritger y Cummins, 1991), y con otros desarrollados en otros campos en los que se había pedido a los alumnos que inventasen sus propias analogías (Goldwater et al., 2021; Haglund y Jeppsson, 2012; Mozzer y Justi, 2012; Pittman, 1999; Ritger y Cummins, 1991; Wong, 1993). A partir de los resultados obtenidos, se recomienda incluir en clases introductorias de ciencias de la Tierra analogías como herramienta didáctica para enseñar el tiempo geológico. Además, esta recomendación se extiende a la formación inicial del profesorado, ya que al mismo tiempo, facilita la enseñanza del empleo de las analogías en el aula de ciencias en su futuro profesional (Shulman, 1986).

Otro de los propósitos del trabajo era determinar qué tipo de analogía es la más adecuada para aprender el tiempo geológico, si aquellas basadas en una relación tiempo-tiempo o las basadas en una tiempo-espacio. Los resultados indican que los alumnos del grupo tiempo, mostraron una diferencia significativa entre el pre-test y el post-test en el aprendizaje del tiempo absoluto (pregunta 1), mientras que los alumnos del grupo espacio, mejoraron significativamente tanto en el aprendizaje del tiempo absoluto como en el del relativo (preguntas 1 y 2). Es decir, la relación de tiempo a espacio parece favorecer que los alumnos recuerden mejor la secuenciación de los diferentes eventos a lo largo de una línea de tiempo imaginaria. El hecho de que los resultados de la tercera pregunta planteada no progresaron en ninguno de los dos grupos, se explica probablemente porque ese aspecto no se trabajó explícitamente en clase, ni se recogía en los eventos utilizados en la elaboración de la analogía. Además, hay que tener en cuenta que, para poder contestar la pregunta de una manera adecuada, se requiere conocer en profundidad las tasas de tiempo involucradas en la configuración del relieve y la modificación del paisaje, algo que se ha demostrado que normalmente plantea numerosas dificultades entre los estudiantes (Czajka y McConell, 2018; Gómez-Gonçalves et al., 2020).

Los resultados indican, por tanto, que las analogías basadas en una relación tiempo-espacio tienen mayor eficacia que las de tiempo-tiempo. Ante estos resultados cabe preguntarse ¿cómo es posible que para el aprendizaje del tiempo geológico las comparaciones basadas en analogías espaciales sean más efectivas que aquellas basadas en las del propio tiempo, si estas presentan mayores similitudes superficiales, estructurales y funcionales? Probablemente esto es debido a que el tiempo es un dominio tan abstracto que tiende a ser representado mentalmente a través de comparaciones con dominios más concretos, como el espacio (Boroditsky, 2000; Casasanto y Boroditsky, 2008; Gijssels y Casasanto, 2017). De hecho, como argumentan estos autores, las personas suelen describir el tiempo con metáforas espaciales (e.g., unas vacaciones *largas*, un concierto *corto*). Sin embargo, este patrón en el lenguaje no es bidireccional y es poco frecuente que las personas hablen del espacio utilizando expresiones relacionadas con el tiempo, demostrando que las conversiones del espacio al tiempo son mucho más improbables (Casasanto y Boroditsky, 2008).

Más allá del ámbito de la psicolinguística, esto significa que cada vez que pensamos en el tiempo solemos hacerlo utilizando relaciones y términos asociados a la información espacial, pero no al revés. Es decir, tendemos a imaginarnos cosas tangibles que podemos

percibir o tocar. Este hecho ya fue observado por Piaget (2006) cuando propuso que, en la mente de los niños, el espacio y el tiempo comienzan como entidades fusionadas que se van diferenciando gradualmente con el crecimiento. Descubrió que los niños a menudo basaban sus juicios de duración temporal de un fenómeno en su percepción de la distancia. En uno de sus experimentos, al pedir a los niños que juzgaran la duración relativa de dos trenes que viajaban por vías paralelas, a menudo afirmaban (erróneamente) que el tren que recorría una mayor distancia tardaba más tiempo. Piaget concluyó que los niños no podían distinguir de manera confiable los componentes espaciales y temporales de los eventos, hasta aproximadamente los nueve años.

Estudios más recientes en el campo de la psicología cognitiva sugieren que incluso alumnos universitarios no son capaces de distinguir de manera confiable los componentes espaciales y temporales (Casasanto y Boroditsky, 2008). Esto es simplemente debido a que somos capaces de percibir el dominio espacial, pero únicamente podemos imaginar el temporal. Podemos experimentar un acontecimiento espacial como el avance de un tren: ver cómo se mueve y cómo cambia de posición, incluso percibir el ruido que hace al moverse. Pero no podemos percibir directamente la duración de ese viaje. Para hacerlo, recordamos las cosas que hemos hecho durante ese lapso, si se nos ha hecho muy *pesado* o *corto*, o creamos una representación espacial externa para trasladar el viaje a nuestra agenda o a un calendario.

En el contexto del presente trabajo, si pensamos en la célebre analogía del año o en la de las 12 horas del reloj analógico (analogías tiempo-tiempo), al tratar de recordar la posición de los eventos o el tiempo transcurrido entre ellos, recurrimos a la visión espacial que tenemos construida mentalmente del calendario o del reloj para recordarlo o realizar diferentes operaciones mentales. Esto representa una clara limitación de estas analogías tan utilizadas en clase. Es decir, pensamos realmente en un modelo espacial, probablemente porque el espacio es un formato especialmente intuitivo para razonar sobre estructuras relacionales (Gattis, 2003). De una manera similar, los estudiantes recurren a las analogías espaciales para razonar sobre otras complejas relaciones que ocurren en la naturaleza, como los mecanismos de feedback en los ecosistemas (Cooperrider et al., 2016). Como sostienen estos autores, los alumnos son capaces de construir sus analogías espaciales con fluidez y más o menos sin esfuerzo a medida que articulan la estructura relacional que describen, algo que indica la mayor facilidad que tenemos al trabajar con el dominio espacial.

Por otra parte, otro aspecto positivo de las analogías tiempo-espacio para representar largos períodos de tiempo, es que ayudan a los estudiantes a construir un modelo mental en el que el tiempo aparece con continuidad lineal (como percibimos el tiempo en las sociedades modernas). Esto puede ayudar a los alumnos a que abandonen la percepción discontinua de tiempo que tienen, algo fundamental para comprender en profundidad el concepto, como indicaron Pedrinaci y Berjillos (1994).

La continuidad de la línea temporal puede explicar además el porqué resulta más plausible utilizar las analogías espacio-tiempo, ya que de esta manera se evita utilizar análogos de representación cíclica, como puede ser un calendario o un reloj. No es conveniente olvidar que nuestra medida de tiempo en años o días de nuestro calendario gregoriano está basada en sucesos periódicos (cíclicos) de carácter astronómico. Por lo tanto, analogías como la del calendario o la del reloj, presentan dos grandes diferencias respecto a las espaciales (Resnick et al. 2017): ambas representan el tiempo de una manera cíclica, y ambas se subdividen en subdivisiones temporales iguales mientras, que el tiempo geológico comprende divisiones temporales desiguales (unidades geocronológicas que se corresponden con las unidades cronoestratigráficas) basadas en acontecimientos importantes en la historia de la Tierra y de la vida. En este caso, los alumnos pueden asimilar erróneamente que, al igual

que en el calendario o en el reloj, las unidades geocronológicas también ocurren de una manera repetitiva y uniformemente espaciada. En cambio, esa misma ciclicidad de unidades temporales en relojes y calendarios, sí que puede ayudar a los alumnos a asimilar que los procesos en la naturaleza ocurren de manera continua, formando ciclos de diferentes escalas temporales.

A modo de conclusión, a la hora de proponer en clase analogías sobre el tiempo geológico, parece más razonable que se utilicen prioritariamente las basadas en la relación tiempo-espacio y no las de tiempo-tiempo, ya que estas últimas conllevan un cambio de dominio para operar mentalmente con ellas, y además, pueden conllevar a un aprendizaje erróneo del concepto. Es decir, las analogías tiempo-espacio son las que más favorecen la transferencia analógica en el sentido deseado y son aquellas que se deberían de fomentar entre el profesorado y el alumnado.

Para finalizar, es importante señalar algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, la muestra utilizada fue relativamente pequeña, seleccionada por conveniencia y compuesta exclusivamente por futuros maestros de una única universidad. Aunque las conclusiones puedan ser generalizadas, debería hacerse con cautela en otros contextos educativos. El trabajo pretende simplemente permitir comparaciones con otros estudios de enfoque similar, contribuyendo al conocimiento de la eficacia de las analogías sobre el tiempo geológico y las implicaciones educativas. En segundo lugar, la recopilación de datos con un cuestionario condiciona fuertemente el tipo información recogida. En el trabajo se trata de la edad absoluta del planeta y de cuatro eventos principales que han ocurrido, abarcando el orden relativo de los acontecimientos, cuándo se produjeron, y de tasas de formación y modificación del relieve. Por tanto, la interpretación de aprendizaje de este concepto podría estar sesgada, y la mera elección de una secuenciación de eventos puede no proporcionar una comprensión completa del tiempo geológico en todos sus aspectos. Las investigaciones futuras deberían centrarse en profundizar cómo las analogías son más eficaces para trabajar la comprensión y memorización de la duración y la velocidad de algunos procesos geológicos. Es decir, deberían enfocarse en analizar cómo el uso de las analogías es más adecuado para facilitar que los estudiantes entiendan edades absolutas, tasas de duración y los grandes números implicados.

Declaración de autoría

Conceptualización: DC. Metodología: DC. Análisis formal: DC. Investigación: DC. Visualización: DC. Redacción borrador original: DC. Redacción, revisión y edición: DC.

Referencias bibliográficas

- Alegret, L., Meléndez, A. y Trallero, V. (2001). Didáctica del tiempo en geología: apuntes en internet. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(3), 261-269.
- Aragón-Méndez, M. M. Oliva, J. M. y Navarrete, A. (2014). Desarrollando la competencia de modelización mediante el uso y aplicación de analogías en torno al cambio químico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 337-356. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1193>
- Boroditsky, L. (2000). Metaphoric structuring: Understanding time through spatial metaphors. *Cognition*, 75(1), 1-28. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00073-6](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00073-6)
- Casasanto, D. y Boroditsky, L. (2008). Time in the mind: Using space to think about time. *Cognition*, 106(2), 579-593. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.03.004>

- Cheek, K. A. (2012). Students' understanding of large numbers as a key factor in their understanding. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10. <https://doi.org/10.1007/S10763-011-9312-1>
- Coll, R. K., France, B. y Taylor, I. (2005). The role of models and analogies in science education: Implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198. <https://doi.org/10.1080/0950069042000276712>
- Corrochano, D. y Gómez-Gonçalves, A. (2020). Analysis of Spanish pre-service teachers' mental models of geologic time. *International Journal of Science Education*, 42(10), 1653-1672. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1774093>
- Cooperrider, K., Gentner, D. y Goldin-Meadow, S. (2016). Spatial analogies pervade complex relational reasoning: Evidence from spontaneous gestures. *Cognitive research: principles and implications*, 1, 1-17. <https://doi.org/10.1186/s41235-016-0024-5>
- Czajka, C. D. y McConnell, D. (2018). An exploratory study examining undergraduate geology students' conceptions related to geologic time and rates. *Journal of Geoscience Education*, 66(3), 231-245. <https://doi.org/10.1080/10899995.2018.1480826>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Coll, R. (2015). Analogies in Science. En R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education* (pp. 41-42). Dordrecht: Springer.
- Cotner, S., Brooks, D. C. y Moore, R. (2010). Is the age of the Earth one of our “sorest troubles?” Students’ perceptions about deep time affect their acceptance of evolutionary theory. *Evolution*, 64(3), 858-864. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2009.00911.x>
- Darwin, C. (2009). *El origen de las especies por medio de la selección natural*. CSIC. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Dodick, J. y Orion, N. (2003). Measuring student understanding of geological time. *Science Education*, 87(5), 708-731. <https://doi.org/10.1002/sce.1057>
- Dodick, J. y Orion, N. (2006). Building an understanding of geological time: A cognitive synthesis of the “macro” and “micro” scales of time. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 528-556. <https://doi.org/10.1002/tea.20103>
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science education*, 75(6), 649-672. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750606>
- Eicher, D. L. (1976). *Geologic Time: 2d Ed.* Prentice-Hall.
- Gattis, M. (Ed.). (2003). *Spatial schemas and abstract thought*. MIT press.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7(2), 155-170. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(83\)80009-3](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(83)80009-3)
- Gijssels, T. y Casasanto, D. (2017). Conceptualizing time in terms of space: Experimental evidence. En B. Dancygier (Ed.), *Cambridge handbook of cognitive linguistics* (pp. 651-668). Cambridge University Press.
- Gómez-Gonçalves, A., Corrochano, D., Fuertes-Prieto, M. Á. y Ballegeer, A.-M. (2020). How Long Has It Taken for the Physical Landscape to Form? Conceptions of Spanish Pre-Service Teachers. *Education Sciences*, 10(12), 373. <https://doi.org/10.3390/educsci10120373>

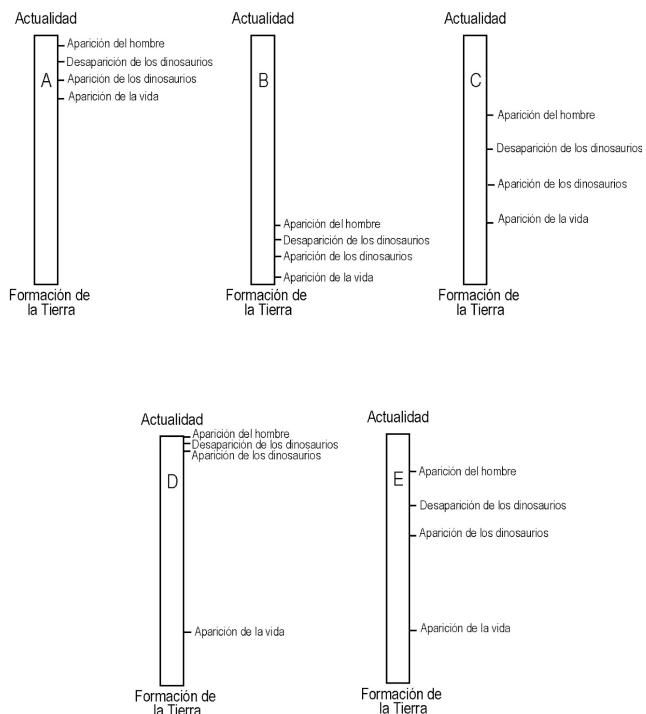
- Gómez-Ochoa de Alda, J., Marcos-Merino, J. M. y Esteban-Gallego, R. (2024). Enseñanza interdisciplinar para la introducción de la evolución molecular mediante analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(1), 1204. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1204
- Glynn, S. (1991). Explaining science concepts: a teaching with analogies model. En Glynn, S. M., Britton, B. K., y Yeany, R. H. (Eds.), *The psychology of learning science*. Hillsdale. Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9780203052396-17>
- Gobert, J. D. (2005). The effects of different learning tasks on model-building in plate tectonics: Diagramming versus explaining. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 444-455. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-53.4.444>
- Goldwater, M. B., Gentner, D., LaDue, N. D. y Libarkin, J. C. (2021). Analogy generation in science experts and novices. *Cognitive Science*, 45(9), e13036. <https://doi.org/10.1111/cogs.13036>
- Gray, M. E. y Holyoak, K. J. (2021). Teaching by Analogy: From Theory to Practice. *Mind, Brain, and Education*, 15(3), 250–263. <https://doi.org/10.1111/mbe.12288>
- Haglund, J. y Jeppsson, F. (2012). Using self-generated analogies in teaching of thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 898-921. <https://doi.org/10.1002/tea.21025>
- Haglund, J., Jeppsson, F. y Andersson, J. (2012). Young children's analogical reasoning in science domains. *Science Education*, 96(4), 725–756. <https://doi.org/10.1002/sce.21009>
- Harrison, A. G. y Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies: Friend or foe? En P. J. Aubusson, A. G. Harrison y S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 11-24). Science & Technology Education Library.
- Hermann, R. y Lewis, B. (2004). A formative assessment of geologic time for high school earth science students. *Journal of Geoscience Education*, 52(3), 231-235. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-52.3.231>
- James, M. C. y Scharmann, L. C. (2007). Using analogies to improve the teaching performance of preservice teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 565-585. <https://doi.org/10.1002/tea.20167>
- Jiménez-Tenorio, N., Aragón, L., Aragón-Méndez, M. M. y Oliva, J. M. (2022). *Modelizar en las clases de ciencias. Actividades y recursos útiles para la enseñanza y aprendizaje con modelos*. Octaedro
- Johnson, C. C., Middendorf, J., Rehrey, G., Dalkilic, M. M. y Cassidy, K. (2014). Geological time, biological events and the learning transfer problem. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 14(4), 115-129. <https://doi.org/10.14434/josotl.v14i4.4667>
- Kurt, S. (2019). An analogy activity for teaching chemical reaction and collision theory from perspectives of pre-service science teachers. *International Journal of Environmental and Science Education*, 14(9), 521-534.
- Libarkin, J., Kurdziel, J.P. y Anderson, S.W. (2007). College Student Conceptions of Geological Time and the Disconnect Between Ordering and Scale. *Journal of Geoscience Education*, 55(5), 413-422. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-55.5.413>
- Libarkin, J.C. y Anderson, S.W. (2006). The Geoscience Concept Inventory: Application of Rasch Analysis to Concept Inventory Development in Higher Education. En X.

- Liu y W. Boone (Eds.), *Applications of Rasch Measurement in Science Education* (pp. 45-73). JAM Publishers.
- Lombardi, D. y Sinatra, G. (2012). College students' perceptions about the plausibility of human-induced climate change. *Research in Science Education*, 42(2), 201–217. <https://doi.org/10.1007/s11165-010-9196-z>
- Marcos-Merino, J. M., Esteban Gallego, M. y Ochoa de Alda, J. A. (2021). Analogías propuestas por futuros maestros para la enseñanza de Biología: implicaciones en la formación inicial. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 5(1), 73-86. <https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.1.6675>
- Marrero-Galván, J. J. y González-Pérez, P. (2023). Investigaciones sobre el uso de analogías en el aula de ciencias: una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(1), 1101-1121. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1101
- Mozzer, N. B. y Justi, R. (2012). Students' pre- and post-teaching analogical reasoning when they draw their analogies. *International Journal of Science Education*, 34, 429-458. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.593202>
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. National Academies Press.
- National Park Service (2023). *The Trail of Time* [sitio web]. U.S. Department of the Interior. <https://www.nps.gov/grca/planyourvisit/the-trail-of-time.htm>
- Oliva, J. M. y Aragón-Méndez, M. M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 27(2), 195-208. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3731>
- Oliva, J. M., Aragón, L. y Jiménez-Tenorio, N. (2015). Analogías y progresión del conocimiento del alumnado en la clase de ciencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 79, 35-44.
- Oliva, J. M., Aragón-Méndez, M. M., Bonat, M. y Mateo, J. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(3), 453-470. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3994>
- Orgill, M. y Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 15-32. <https://doi.org/10.1039/B3RP90028B>
- Pedrinaci, E. y Berjillos, P. (1994). Concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(1), 240-251.
- Pedrinaci, E., Alcalde, S., Alfaro García, P., Almodóvar, G. R., Barrera, J. L., Belmonte, Á., ... y Roquero, E. (2013). Alfabetización en Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 117-129.
- Petcovic, H. L. y Ruhf, R. J. (2008). Geoscience conceptual knowledge of preservice elementary teachers: Results from the Geoscience Concept Inventory. *Journal of Geoscience Education*, 56(3), 251-260. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-56.3.251>
- Piaget, J. (2006). *The Child's Conception of Time* (1st ed.). Routledge.

- Pittman, K. M. (1999). Student-generated analogies: Another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1-22. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199901\)36:1<1::AID-TEA2>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199901)36:1<1::AID-TEA2>3.0.CO;2-2)
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. *Boletín Oficial del Estado*, 52, de 2 de marzo de 2022.
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 76, de 30 de marzo de 2022.
- Resnick, I., Davatzes, A., Newcombe, N. S. y Shipley, T. F. (2017). Using analogy to learn about phenomena at scales outside human perception. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2, 1-17. <https://doi.org/10.1186/s41235-017-0054-7>
- Ritger, S. D. y Cummins, R. H. (1991). Using student-created metaphors to comprehend geologic time. *Journal of Geological Education*, 39(1), 9-11. <https://doi.org/10.5408/0022-1368-39.1.9>
- Semken, S., Dodick, J., Ben-David, O., Pineda, M., Watts, N. B. y Karlstrom, K. (2009). Timeline and time scale cognition experiments for a geological interpretative exhibit at Grand Canyon. En *Proceedings of the National Association for Research in Science Teaching 2009 Annual Meeting*, Garden Grove, California.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Tise, J. C., Sperling, R. A., Dann, M. S. y Young, T. M. (2023). Teaching Postsecondary Students to Use Analogies as a Cognitive Learning Strategy: An Intervention. *CBE—Life Sciences Education*, 22(1). <https://doi.org/10.1187/cbe.22-05-0084>
- Treagust, D. F., Harrison, A. G. y Venville, G. J. (1998). Teaching science effectively with analogies: An approach for preservice and inservice teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9(2), 85-101. <https://doi.org/10.1023/A:1009423030880>
- Wong, E. D. (1993). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 367-380. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300405>

Anexo 1

- 1) ¿Sabes hace cuántos años se formó nuestro planeta?
- 2) En la siguiente imagen se muestran cinco líneas temporales a escala donde se indica la existencia de cuatro eventos muy importantes en la evolución de la vida sobre la Tierra. Tómate tu tiempo y obsérvala detenidamente, ¿cuál dirías que es la más correcta?



- 3) La Figura que se muestra a continuación es una vista de nuestro planeta desde el espacio. El color gris representa la tierra y el blanco el agua. ¿Cuál de las otras figuras crees que mejor representa el aspecto del planeta cuando los seres humanos (homínidos) aparecieron por primera vez?

