



Revista *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Año 2021; Número **Extraordinario**. ISSN 2619-3531. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias*. 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.

Las analogías como modelos en la enseñanza de las ciencias

Agustín Adúriz-Bravo
Universidad de Buenos Aires
aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

Leonardo González Galli
Universidad de Buenos Aires
leomgalli@gmail.com

c
Modalidad: Simposio

Resumen

En este trabajo se defiende la perspectiva epistemológica según la cual hay un tipo de analogías científicas que constituye una parte “no eliminable” de las teorías científicas, identificable con sus modelos (de primer orden). Se sostiene también que otro tipo de analogías funcionan como herramienta de desarrollo, aplicación, comunicación y enseñanza de las teorías, bajo la forma de modelos de segundo orden construidos analógicamente sobre los primeros. El trabajo revisa brevemente algunas posturas naturalistas provenientes de la epistemología de la segunda mitad siglo XX que otorgan a las analogías un papel teórico fundamental en la ciencia, y luego extrae conclusiones sobre la inevitabilidad de su uso en la enseñanza de las ciencias en todos los niveles educativos.

Palabras clave

Analogías, Modelos, Modelos de modelos, Naturalismo, Implicaciones didácticas.

Objetivos

- Recuperar la perspectiva epistemológica naturalista sobre el papel de las analogías en las teorías científicas.
- Identificar, con el constructo de “modelo teórico”, las analogías que forman parte constitutiva de las teorías científicas.
- Derivar consecuencias de estos análisis para la didáctica de las ciencias.

Marco Teórico

Para los fines de esta comunicación, entendemos la *analogía* como una comparación entre dominios de conocimiento (o “campos semánticos”) entre los cuales se postula una relación de semejanza (estructural, funcional o semántica) que se explicita enunciando con mayor o menor detalle los aspectos en que ambos dominios se parecen (Aubusson et al., 2006; Linares e Izquierdo Aymerich, 2006).

El rol que juegan las analogías en la construcción del conocimiento científico ha sido un tema ampliamente estudiado desde diversas disciplinas; en particular, la epistemología (o filosofía de la ciencia) ha analizado la naturaleza y función de las analogías dentro de las teorías científicas. Como consecuencia de esta producción académica, hay hoy en día consenso en torno a la omnipresencia y legitimidad de las analogías en el funcionamiento y desarrollo de las ciencias y también en su enseñanza.

El hecho de que los científicos históricamente han recurrido a las analogías resulta innegable en función de la abundante evidencia empírica disponible; de este primer reconocimiento se deriva la pregunta epistemológica general que estructura nuestra contribución: ¿qué rol cumplen las analogías en la ciencia? Abordamos esta pregunta desde una perspectiva epistemológica *naturalista* (contrapuesta a la perspectiva *normativista*). Es decir, nos interesa recuperar lo que se ha pensado sobre cómo las analogías de hecho “viven” en la actividad científica, más que normar sobre su “correcta” utilización.

Dada la constatación anterior del protagonismo de las analogías en la factura de la ciencia, hecha desde muchos campos académicos, no sorprende ver que la cuestión del uso de las analogías en la enseñanza de las ciencias en los distintos niveles educativos haya cobrado enorme interés dentro de la didáctica de las ciencias desde hace cuatro décadas. La abundante producción didáctica sobre el tema nos permite establecer un puente entre las reflexiones más epistemológicas de esta comunicación y las implicaciones para la educación científica.

La epistemología normativa y posteriormente la naturalizada han estudiado, a lo largo del siglo XX, las analogías en la ciencia desde la perspectiva de las finalidades a las que ellas sirven. Retomando la postura de diversos autores (Aubusson et al., 2006; Bradie, 1999; Fox Keller, 2000; Hoffman, 1980; Palma, 2015; Thagard, 1995) podemos reconocer la función *comunicativa* (de diseminación), la *retórica* (de convencimiento), la *heurística* (de exploración), la *teórica* (de explicación), la *justificativa* (de apoyo lógico) y la *didáctica* (de enseñanza). Nos interesa recuperar aquí algunas reflexiones sobre la función teórica de las analogías con el fin de proveer respuestas fundamentadas a una pregunta de investigación más específica: ¿cuál es el lugar de las analogías dentro de las teorías científicas?

Desde un punto de vista epistemológico naturalizado, entender el porqué de la persistencia de las analogías en la actividad científica requiere ahondar en su rol en la cognición humana. Por tanto, las referencias a la psicología y la ciencia cognitiva son ineludibles. Desde estas disciplinas se nos recuerda que el razonamiento analógico es una parte constitutiva de la maquinaria mental (Lakoff y Johnson, 2012; Pinker, 2007). Tal y como señalan Hofstadter y Sander (2018: 42): “cada momento de nuestro pensamiento está permeado por la detección de analogías y (...) estas son el núcleo mismo del pensar”.

Hofstadter y Sander (2018) nos aportan ejemplos de cómo las analogías *constituyen* el pensamiento; tal vez su papel principal sea el de permitir la *categorización*, al punto de que

ambos procesos sean difíciles de distinguir. Una vez construida una categoría sobre una determinada situación, tal categoría se extiende mediante la analogía a nuevas situaciones discordantes que quedan “explicadas” por su similitud con la primera, “epítome” de la categoría. El razonamiento analógico llevará al agente cognitivo por mejores o peores caminos según si las semejanzas *pragmáticamente elegidas* prueban ser más o menos relevantes para la operación sobre el mundo.

En la sección de resultados discutiremos brevemente algunas posturas epistemológicas sobre el problema de las analogías en la ciencia, y luego extraeremos conclusiones didácticas sobre su uso en la enseñanza de las ciencias. Nuestra tesis es que algunas analogías científicas son una parte “no eliminable” de las teorías científicas y pueden ser identificadas con sus “modelos teóricos”. La conclusión principal será, entonces, que el uso de las analogías en la enseñanza es inevitable.

Metodología

El presente texto reseña un trabajo de elucidación y argumentación teóricas. La metodología principal es, por tanto, la propia del análisis filosófico. Recurrimos también al trabajo empírico, realizando análisis y reseña de fuentes primarias y secundarias.

Resultados

En un recorrido rápido por la epistemología del siglo XX, se puede señalar, a grandes rasgos, que la epistemología clásica (esto es, el positivismo lógico, la concepción heredada e incluso el racionalismo crítico de Popper) tendió a minusvalorar el uso *epistémico* de las metáforas, es decir, minimizó su papel productivo en la construcción de conocimiento. En el mejor de los casos, los epistemólogos de la primera mitad del siglo pasado reconocieron valores heurísticos, estéticos o retórico-comunicacionales a las analogías, negando su relevancia propiamente teórica (Bradie, 1999; Hoffman, 1980). Desde la perspectiva realista ingenua o la instrumentalista a las que se adhería en esas épocas, lo que una teoría dice “metafóricamente” puede (e idealmente debe) decirse de modo literal (Bradie, 1999; Palma, 2015). Los epistemólogos que adoptaron la distinción entre el contexto de descubrimiento y el de justificación restringieron el rol de las analogías (un rol aparentemente individual, privado, idiosincrásico) al primero de esos contextos, lo que reforzó el “desprecio epistémico” por lo analógico en las teorías.

La nueva filosofía de la ciencia, emergida a mediados del siglo XX (y que comprende autores como Thomas Kuhn, Imre Lakatos y Stephen Toulmin), evidenció las limitaciones de la imagen de ciencia construida por la concepción heredada. En particular, cuestionó la pretensión de “excepcionalidad epistémica” de la ciencia: la extendida idea de que el conocimiento científico es superior y comprobado. En sus versiones más *relativistas*, llegó incluso a retratar la ciencia como un discurso sobre el mundo *como cualquier otro*. El análisis epistemológico producido por esta corriente de pensamiento sostuvo que, dado el atravesamiento de las analogías en *todas* las formas del discurso humano, su presencia en la ciencia sería inevitable, y quedaría por tanto

legitimada desde la perspectiva naturalista. Este intento de poner en valor el parecido del discurso científico con otros discursos, sin embargo, comportó desdibujar la enorme especificidad que tiene el rol epistémico de las analogías en la actividad científica.

Con las corrientes epistemológicas recientes (como el postkuhniánismo o el semanticismo) aparece una perspectiva teórica “de tercera vía” (Bradie, 1999; Giere, 1992; Palma, 2015; Ruse, 2000) que les reconoce sin ambages a las analogías científicas su potentísima función epistémica. Según Palma (2015: 16), “las metáforas que utilizan los científicos dicen algo por sí, y no como meras subsidiarias de otras expresiones consideradas literales y, por tanto, tienen una función cognoscitiva y epistémica legítima y, sobre todo, insustituible”. Es este tercer posicionamiento epistemológico el que adoptamos aquí, entendiendo que, en la mayoría de los casos científicamente relevantes, las analogías no son sustituibles ni eliminables (ver González Galli y Meinardi, 2011, para el caso de la teoría darwiniana). Ya adelantamos que adherimos a la tesis epistemológica de que las analogías (con las implicancias pragmáticas de usarlas) *son parte constituyente de las teorías científicas*.

Desde el semanticismo en particular, la cuestión del rol de las analogías en la constitución de las teorías adquiere aún otros matices que nos interesa rescatar. Una propuesta metateórica semanticista que ha tenido gran impacto en el ámbito de la didáctica de las ciencias es la denominada “teoría cognitiva de la ciencia”, desarrollada por el epistemólogo estadounidense Ronald Giere (ver Adúriz-Bravo, 2013; Giere, 1992). Giere considera que lo principal de una teoría científica es qué dice sobre el mundo, y no tanto cómo lo dice. Los principales componentes de una teoría son, desde este enfoque, los modelos que la conforman (Adúriz-Bravo, 2013; Giere, 1992), y no las definiciones, fórmulas y demás aspectos formales. Giere busca así alejarse de las concepciones “sintácticas” (neopositivistas), que reconstruyen las teorías como conjuntos de enunciados lógicamente trabados entre sí, poniendo como carácter principal de la teorización de las ciencias los aspectos lógico-lingüísticos.

Giere entiende los llamados *modelos teóricos* como objetos abstractos, no lingüísticos, en relación de semejanza, *analógica*, con los sistemas reales representados. Un modelo se parece en ciertos aspectos y grados al sistema real que pretende representar. Se da además una relación analógica entre el modelo abstracto como mapa interno con cualquiera de sus múltiples representaciones concretas en diferentes lenguajes (lenguaje natural, ecuaciones, grafos, gestos, imágenes, maquetas) y entre un modelo en particular y sus “parientes” dentro de una “familia de modelos”.

Un modelo teórico como “sistema” de ideas constituye *ab initio* una analogía para pensar los fenómenos naturales en términos conocidos (como cuando decimos “gravedad”, “corrosión” o “selección”). Es por ello que el título de nuestra comunicación habla de “analogías como modelos” y no viceversa: una situación que potencialmente “analogar” el mundo deviene en modelo al abstraerse y generalizarse. Es la realidad conocida por el científico *la que proyecta su estructura sobre el fenómeno*.

El mapeo de un modelo teórico con la realidad es un procedimiento que implica un razonamiento analógico con la forma “el modelo es como el sistema real en tales y cuales sentidos”; este mapeo conlleva el establecimiento de unas *hipótesis teóricas* (Bradie, 1999; Giere, 1992). La perspectiva epistemológica que estamos tomando aquí, entonces, incluye la analogía como una función fundamental de la maquinaria científica.

El naturalismo de Giere, que se inscribe en un “giro cognitivo” de la epistemología, enfatiza el carácter pragmático de la modelización: lo central de la empresa científica es que se trata de científicos (seres humanos en contexto) construyendo representaciones del mundo con ciertas finalidades y valores específicos. Y los científicos hacen esto con las mismas herramientas cognitivas de las que disponemos todos los humanos, que podemos considerar darwinianamente seleccionadas. Resulta entonces que la principal herramienta cognitiva con la que los científicos construyen sus representaciones es el razonamiento analógico (Nersessian, 1992; Schuster, 2005). En síntesis, el razonamiento analógico constituye uno de los procesos epistémicos más importantes en la construcción, justificación y consenso de la ciencia y, además, los productos de ese proceso, los modelos científicos, tienen una naturaleza intrínsecamente analógica.

Conclusiones

En la didáctica de las ciencias naturales se ha discutido largamente sobre la conveniencia o no de utilizar las analogías en la enseñanza en los distintos niveles educativos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Venville y Treagust, 1997), sugiriéndose virtudes e identificándose peligros en su utilización (Linares e Izquierdo Aymerich, 2006). Sin embargo, esta discusión está totalmente ligada a la producción epistemológica reseñada en nuestra presentación. Si la buena ciencia es, en esencia, de naturaleza analógica, entonces la pretensión de reducir o eliminar las apariciones de las analogías-modelos, de primer orden, o de las analogías didácticas, de segundo orden, carecería de sustento.

Si el pensamiento científico consiste en buena parte en razonamiento analógico con búsqueda de parecidos entre sistemas de ideas, es difícil concebir la enseñanza de cualquier tema prescindiendo de las analogías didácticas, entendidas como *modelos de modelos*; ellas están siempre allí, así que será mejor ser conscientes de ello e intentar regular su uso para mejorar la enseñanza y el aprendizaje.

Uno de los pilares de la didáctica de las ciencias naturales de orientación post-constructivista es que los conocimientos que un aprendiz posee condicionan fuertemente el proceso de construcción de nuevos conocimientos. En gran medida, la interacción entre lo ya sabido y lo nuevo a aprender consiste en un proceso en el que quien aprende intenta dar sentido a lo segundo buscando semejanzas con lo primero, en un proceso de evidente naturaleza analógica (Hofstadter y Sander, 2018: 590 y ss.). Así, el establecimiento espontáneo de analogías sería parte intrínseca del proceso de aprendizaje de las ciencias naturales, y una tarea de la didáctica

de las ciencias sería estudiar naturalistamente las condiciones en que las analogías se usan de manera más organizada y fructífera.

Bibliografía

- Adúriz-Bravo, A. (2013). A semantic view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22, 1593-1612.
- Aubusson, P., Harrison, A., & Ritchie, S. (2006). *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer.
- Bradie, M. (1999). Science and metaphor. *Biology and Philosophy*, 14, 159-166.
- Fox Keller, E. (2000). *Lenguaje y vida: Metáforas de la biología en el siglo XX*. Buenos Aires: Manantial.
- Galagovsky, L., & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 231-242.
- Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (Original en inglés de 1988.)
- González Galli, L., & Meinardi, E. (2011). The role of teleological thinking in learning the Darwinian model of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 4, 145-152.
- Hoffman, R. (1980). Metaphor in Science. En Honeck, R., & Hoffman, R. (Eds.). *Cognition and Figurative Language*, 393-423. Londres: Routledge.
- Hofstadter, D., & Sander, E. (2018). *La analogía: Motor del pensamiento*. Barcelona: Tusquets.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2012). *Metáforas en la vida cotidiana*. Madrid: Cátedra.
- Linares, R., & Izquierdo Aymerich, M. (2006). El rescate de la princesa encerrada en lo más alto de la más alta torre: Un episodio para aprender sobre analogías, símiles y metáforas. *El Hombre y la Máquina*, 27, 24-37.
- Nersessian, N. (1992). How do scientists think?: Capturing the dynamics of conceptual change in science. En Giere, R. (Ed.). *Cognitive Models of Science*, 3-44. Minneapolis: University of Minnesota Press.



Revista *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Año 2021; Número **Extraordinario. ISSN 2619-3531. *Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias*. 23 y 24 de septiembre de 2021. Modalidad virtual.**

- Palma, H. (2015). *Ciencia y metáforas: Crítica de una razón incestuosa*. Buenos Aires: Prometeo.
- Pinker, S. (2007). *El mundo de las palabras: Una introducción a la naturaleza humana*. Barcelona: Paidós.
- Ruse, M. (2000). Teleology: Yesterday, today, and tomorrow? *Studies in History and Philosophy of Biological & Biomedical Sciences*, 31, 213-232.
- Schuster, F. (2005). Metáfora y analogía en el descubrimiento científico. En Klimovsky, G. (Ed.). *Los enigmas del descubrimiento científico*, 53-80. Buenos Aires: Alianza.
- Thagard, P. (1995). *Mental leaps: Analogy in creative thought*. Cambridge: MIT Press.
- Venville, G. y Treagust, D. (1997). Analogies in biology education: A contentious issue. *American Biology Teacher*, 59, 282-287.