

La función metafórica, según Max Black y la ciencia, su actividad y difusión

■ ■ Juan Granados Valdéz*

Resumen

El objetivo del texto es esbozar cómo la teoría de la interacción y la función de las metáforas y los modelos en la ciencia de Max Black se aplica a las metáforas científicas, las actividades de la ciencia y comunicación pública de la ciencia. Especialmente en este último caso permite a los comunicadores usar metáforas de manera estratégica y responsable, reconociendo tanto su poder creativo como sus límites críticos. Según Black, las metáforas son procesos cognitivos donde un asunto principal interactúa con uno subsidiario, proyectando implicaciones acompañantes que redescubren la realidad. En la ciencia, esto permite crear modelos teóricos (como el átomo como sistema solar) que funcionan como recurso para generar hipótesis. Asimismo, la actividad científica se dota de sentido mediante metáforas de exploración, construcción o lucha. En la divulgación, estas figuras generan fascinación y facilitan la comprensión de conceptos abstractos. No obstante, hay contrastes críticos. En contra de asumir el recurso que aporta Black sobre las metáforas existe el riesgo de imprecisión conceptual, visiones románticas poco fieles a la realidad y el peligro de confundir metáforas con conceptos.

Palabras clave: interacción, metáfora, modelo, ciencia, actividades científicas, comunicación pública de la ciencia.

Introducción

Las metáforas, en el lenguaje científico, sirven para comunicar ideas. Son, también, recursos cognitivos para el pensamiento y la generación de hipótesis. Las metáforas permiten comprender y explicar universalmente fenómenos complejos y abstractos al relacionarlos con conceptos familiares. “Como lo resalta Max Black, en su libro *Modelos y metáforas*,

muchos modelos científicos (que, por ser tales, tienen universalidad) son metáforas afortunadas (como la de la selección natural, de Darwin; la del sistema solar, para el átomo, de Rutherford, etcétera)” (Beuchot, 2013, p. 139). Las ciencias recurren, asimismo, a metáforas para expresar su actividad.

De entre las teorías de la metáfora destaca la de Max Black (1909-1988), aunque sin demérito de otras como la de George Lakoff y Mark Johnson (1998 [1980]), conocidos por su libro *Metáforas de la vida cotidiana*. Max Black, discípulo de L. Wittgenstein, fue filósofo y matemático, y despuntó en la filosofía analítica. Contribuyó a la filosofía del lenguaje, la de las matemáticas, la de la ciencia y la del arte. Su aporte al estudio de las metáforas en las ciencias se encuentra en su libro *Modelos y metáforas*, de 1962, con el cual se opuso a que las metáforas sólo ilustren conceptos abstractos por medio de comparaciones, y en cambio se interesó por los modelos teóricos subyacentes a las teorías científicas y que tienden a ser metafóricos, como el “éter”, en la física decimonónica, y el “campo”, en la física moderna. Estos modelos, más abstractos, funcionan como las metáforas, ya que crean un marco conceptual para comprender los fenómenos: “Max Black demuestra que los mejores modelos científicos son metáforas afortunadas” (Beuchot, 2018, p. 107). La fuerza de las metáforas radica en su capacidad para redescubrir la realidad, lo cual motiva a hacer preguntas e inferir propiedades.

Para este ensayo me propongo esbozar la aplicación de la teoría de la interacción y la función de las metáforas y los modelos en la ciencia de Max Black a las metáforas científicas, las actividades de la ciencia y comunicación pública de la ciencia. Además de la conclusión, cierro con balance crítico.

* Facultad de Bellas Artes de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Las teorías de la interacción y la función de las metáforas... según Max Black

Max Black (1966), en *Modelos y metáforas*, se propone entender por qué y cómo las metáforas y los modelos son recursos esenciales para las ciencias. Para ello propone entender las metáforas desde su teoría de la interacción o enfoque interactivo. De acuerdo con dicha teoría o enfoque las metáforas no son sólo adornos retóricos o sustitutos de un lenguaje literal, esto es:

Max Black se opone al análisis comparativo (como el de Aristóteles) y postula, siguiendo a I. A. Richards, un enfoque “interactivo”. La metáfora no se basa en semejanza o analogía, sino en que la misma palabra o frase apoya dos pensamientos de cosas distintas en una actividad simultánea y cuyo significado es una resultante de su interacción. Se trata de una conexión de significados en una expresión. (Beuchot, 1980, p. 121)

De manera muy sucinta Max Black señala que:

[...] el enfoque interactivo se embarca en las siete reivindicaciones [principios] siguientes:

- 1) El enunciado metafórico tiene dos asuntos [subjects] distintos: uno «principal» y otro «subsidiario».
- 2) El mejor modo de considerar tales asuntos es, con frecuencia, como «sistemas de cosas», y no como «cosas».
- 3) La metáfora funciona aplicando al asunto principal un sistema de «implicaciones acompañantes» característico del subsidiario.
- 4) Estas implicaciones suelen consistir en «tópicos» acerca de este último asunto, pero en ciertos casos oportunos pueden ser implicaciones divergentes establecidas ad hoc por el autor.
- 5) La metáfora selecciona, acentúa, suprime y organiza los rasgos característicos del asunto principal al implicar enunciados sobre él que normalmente se aplican al asunto subsidiario.
- 6) Ello entraña desplazamientos de significado de ciertas palabras pertenecientes a la misma familia o sistema que la expresión metafórica; y algunos de estos desplazamientos, aunque no todos, pueden consistir en transferencias

metafóricas. (Mas las metáforas subordinadas han de leerse menos «seriamente»).

7) No hay ninguna «razón» sencilla y general que dé cuenta de los desplazamientos de significado necesarios: esto es, ninguna razón, comodín de que unas metáforas funcionen y otras fallen. (Black, 1955, pp. 53-54)

Es decir, para Max Black, una metáfora no es solo una comparación, sino, más bien, un proceso interactivo en el que dos conceptos se superponen e influyen mutuamente, a saber, el “asunto principal” o “el concepto a explicar” y el “asunto subsidiario” o “la metáfora utilizada”. Las “implicaciones acompañantes” del asunto subsidiario se proyectan sobre el asunto principal, lo que produce un nuevo entendimiento. Esto aclara el concepto y genera nuevas perspectivas y formas de pensar. Así pues, Max Black nota que las metáforas científicas se explican desde su teoría de la interacción y la función de las metáforas y los modelos (escalares, análogos, teóricos) en la ciencia.

Metáforas científicas

Presentaré ahora, para ejemplificar, algunas metáforas de uso común en algunas teorías científicas sobre la naturaleza. La física, la biología, la ecología y otras recurren, pues, a metáforas para dar sentido algunos de sus conceptos clave. Anoto la metáfora y, enseguida, una breve explicación, siguiendo la teoría de Max Black.

a) “El danés Niels Bohr (1885-1962) fue uno de ellos... [tomó] la idea de Rutherford de que la masa de los átomos está en su mayor parte comprimida en su pequeño núcleo y aplicó una nueva herramienta conocida como «física cuántica» para desarrollar algo que denominó «átomo de Bohr» en 1913. Se trataba de un modelo que visualizaba lo que ocurría en el interior del átomo, utilizando la mejor información de la que disponían los científicos en la época. Según este modelo, el átomo tenía una estructura similar a la de nuestro sistema solar; el Sol / núcleo se encontraba en el centro y los planetas / electrones giraban a su alrededor en órbitas [...]” (Bynum, 2014). La del “átomo como sistema solar” es la más citada en su discusión sobre los modelos científicos. Se trata de un modelo analógico: que el átomo se conciba como sistema solar significa que sobre él se proyectan las implicaciones acompañantes al sistema solar, esto es, los planetas orbitando un sol,

fuerzas de gravedad, espacio vacío. Sin embargo la metáfora, como todas, tiene sus límites. Puede dar lugar a malentendidos, como, por ejemplo, que los electrones se piensen como planetas y por ende que se imagine que orbitan como ellos, cosa que no es así, ya que no tienen órbitas fijas ni lo que los mantiene en su lugar es la gravedad.

b) “Un gas es un conglomerado enorme de pequeñas bolas de billar en movimiento constante” (García-Colín, 2002). En la física del siglo XIX se imaginaban las moléculas de “los gases como pequeñas bolas de billar” que rebotaban o chocaban entre sí. Esta metáfora es un modelo y a la vez una ficción heurística que permitió pensar las propiedades de un fenómeno complejo, como la presión y la temperatura, de forma más familiar.

c) “Las leyes del movimiento abrieron la posibilidad de ver el universo como una máquina gigante y uniforme, como un reloj que mide el tiempo gracias a sus resortes, palancas y movimientos” (Bynum, 2014). Para la mecánica clásica “el universo es un reloj”. El “asunto subsidiario” (el reloj) proyecta implicaciones de orden, causalidad, determinismo y regularidad.

d) “La teoría de la relatividad general demostraba que el espacio, o mejor el espacio-tiempo, era curvo” (Bynum, 2014). Para la teoría de la relatividad general “el espacio-tiempo es un tejido curvo”. El “asunto principal” es el espacio-tiempo, y el “asunto subsidiario” es un tejido flexible. El tejido proyecta la idea de una superficie que puede ser deformada.

e) “Si la comprensión del ADN nos había proporcionado «el secreto de la vida», la intención del Proyecto Genoma Humano era leer «el libro de la vida», pues eso es lo que es el genoma: los genes de todo lo que eres, desde el color de tus ojos hasta la forma del meñique del pie (Bynum, 2014). Para la genética molecular ‘el ADN es un libro de instrucciones o un código’”. Esta metáfora proyecta la idea de que el ADN contiene información que puede ser leída, copiada y utilizada para construir un organismo. Se habla de “leer el código genético”, de “errores tipográficos” (mutaciones) y de “genes que contienen las instrucciones”. Para la teoría de la evolución ésta es “una escalera”. El “asunto subsidiario” es una escalera de ascenso, que proyecta las implicaciones de progreso, dirección y jerarquía. Sin embargo, los biólogos evolutivos rechazan esta metáfora por engañosa.

En su lugar, prefieren la metáfora del “árbol de la vida”, que muestra la evolución como un proceso de diversificación ramificada sin una dirección o meta final.

f) “Es nuestro gran ejército de defensa, y si bien la vacunación es la herramienta más rápida y más poderosa que tenemos para protegernos ante diversas situaciones epidemiológicas, el sistema inmune en sí mismo tiene la capacidad de ayudarnos ante cualquier microorganismo al que nos vamos a enfrentar, simplemente tenemos que otorgarle al sistema inmune las condiciones para que él haga lo que tiene que hacer” (Velázquez, 2022). Para la inmunología “el sistema inmune es como un ejército”. El “asunto principal” es el sistema inmune, y el “asunto subsidiario” es un ejército. Las implicaciones acompañantes incluyen: soldados (glóbulos blancos [linfocitos, macrófagos, etc.], defensas [barreras físicas como la piel o las mucosas], intrusos/invasores [patógenos como bacterias y virus], armas [anticuerpos], inteligencia [capacidad de memoria del sistema inmune para reconocer y responder a ataques anteriores]).

g) “Existen distintos modelos teóricos que tratan de explicar el funcionamiento de la mente humana. Uno de ellos es el modelo o la teoría computacional de la mente, que utiliza la metáfora del ordenador para fundamentar la idea de que nuestro sistema cognitivo procesa la información del mismo modo en que lo hace una computadora” (Aso, 2019). La metáfora de la psicología cognitiva, la informática y la inteligencia artificial de “la mente como una computadora” ilustra la estructura y la operatividad del pensamiento. El asunto principal es la mente. El asunto subsidiario es el telar o la computadora. Este segundo asunto implica, en el segundo caso, procesamiento, almacenamiento y lógica. Esta metáfora no sólo compara el telar o la computadora con la mente, sino que reorganiza la forma de pensarla o concebirla.

h) “Los ecosistemas funcionan como una máquina, en la que cada interacción de los seres vivos es una pieza que la mantiene en funcionamiento. Y cuantas más piezas hay, menos daños se registran si una de ellas falla” (National Geographic, 2022). Para la ecología un ecosistema es “como una máquina”. Esta metáfora resalta la estabilidad, el equilibrio y la interdependencia. Sin embargo, ha sido criticada por no dar cuenta de la complejidad, el caos y la imprevisibilidad de los sistemas naturales.

Metáforas de la actividad científica

En lo que sigue ejemplificaré el fomento de la participación del público con algunas metáforas relativas a la actividad científica. Las metáforas para *expresar* la actividad científica pueden destacar la exploración y el descubrimiento, la construcción, la lucha y el combate y la relación con la naturaleza de las ciencias. Anoto, como anteriormente, la metáfora y, enseguida, una breve explicación, siguiendo la teoría de Max Black.

Artigas (2009) dice, por ejemplo, que “cuando los especialistas de un área se aventuran a establecer conexiones con otras áreas diferentes, con frecuencia extrapolan la mentalidad propia de su especialidad a ámbitos que exigen conceptos y métodos diferentes” (p. 53). También hay expresiones como: “El camino de Darwin hacia este descubrimiento vital estuvo lleno de aventuras y largas horas de reflexión” (Bynum, 2014). La metáfora que hace de la ciencia “un viaje, una expedición o una aventura” describe a los científicos como “exploradores” que se aventuran en “territorios inexplorados” y a los descubrimientos como “tesoros escondidos” o “tierras nuevas”.

El mismo Artigas (2009) dice: “el peligro del enfoque sociológico-histórico es olvidar que el problema central de la ciencia es la búsqueda de la verdad” (Artigas, 2009, p. 88). La metáfora de la ciencia “como búsqueda de la verdad” hace concebir al científico como un buscador incansable, incluso como un detective que sigue “pistas” para resolver los “misterios” del universo. La metáfora que compara la ciencia con “la pesca o la caza” describe búsquedas específicas, deliberadas y metódicas, como cuando se dice en genética que se “pescan genes” o se “cazan mutaciones”. Estas metáforas hacen ver a la ciencia como una aventura o un viaje a lo desconocido y el conocimiento es un territorio inexplorado.

Siguiendo con Artigas: “La construcción de sistemas teóricos tiene gran importancia, especialmente en la física matemática, y es más difícil en las ciencias, como la química y la biología, que se sitúan en un nivel de organización natural mayor” (Artigas, 2009, p. 165). La metáfora de la ciencia “como una construcción” hace imaginar a la ciencia como un edificio que se construye

con el paso del tiempo, lo que implica que los descubrimientos y las teorías con los ladrillos, los cimientos y las vigas. Se habla de “construir sobre el trabajo de otros” o de “derrumbar viejas ideas para construir nuevas”. La metáfora de la ciencia “como rompecabezas” propone que cada evidencia o descubrimiento es una pieza para encajar en él. Esta metáfora destaca la naturaleza incremental, gradual y, a veces, fragmentada de la investigación científica. La metáfora “como una red o un tejido” describe el conocimiento como una red interconectada de ideas, teorías y datos. Los científicos son tejedores. Estas metáforas describen, pues, la ciencia como un proceso acumulativo y colaborativo. El conocimiento se construye pieza a pieza.

En continuidad, Artigas (2009) dice que: “Kuhn afirma que la competencia entre paradigmas no es el tipo de batalla que pueda resolverse por medio de pruebas” (pp. 86-87). La metáfora de la ciencia “como una batalla o guerra” imagina la investigación científica como una guerra contra la ignorancia. Los científicos “luchan” por resolver problemas, “atacan” hipótesis” y “defienden” teorías.

Asimismo, “Chalmers califica como «estrategia positivista» el intento de «proporcionar una concepción general de los métodos y normas a los que apelar en tal defensa» (de la ciencia)” (Artigas, 2009, 159). También se usa, pues, el lenguaje militar, como “estrategias de investigación” o “ataques a una teoría”. La metáfora de la ciencia “como un deporte o un juego” hace de los científicos jugadores que compiten por resolver un problema y por el reconocimiento derivado. Se habla de “carrera espacial”, por ejemplo. “Las reglas del juego” son el método científico. Estas metáforas resaltan el desafío, la competencia y el conflicto inherentes a la ciencia.

Darwin mismo habló del árbol de la vida para describir la evolución de las especies. La metáfora de la ciencia “como un árbol” hace ver las teorías científicas como árboles, cuyo tronco es la teoría principal y las ramas se extienden a las aplicaciones. La metáfora de la ciencia “como evolución”, inspirada en el darwinismo, hace ver a la ciencia como un proceso en el que las ideas compiten y las fuertes sobreviven. La teorías que se adaptan a la evidencia prosperan y las que no, mueren. Estas metáforas describen la ciencia como algo que crece y evoluciona, negando que sea estática.

Las metáforas en la comunicación pública de la ciencia

La comunicación pública de la ciencia se compone de prácticas, en sentido amplio, para divulgar el conocimiento científico a audiencias no especializadas. Sus objetivos son fomentar la comprensión, el interés y la participación del público en la ciencia y establecer un diálogo entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Para conseguir sus objetivos puede involucrar actividades de divulgación, periodismo científico, interacción en línea y eventos presenciales, como charlas o conferencias, por mencionar algunas. Ahora bien, la comunicación pública de la ciencia puede servirse de metáforas para su cometido. Lo común es que su uso implique la adaptación del lenguaje y el formato del mensaje científico para que sea accesible y comprensible para un público amplio.

La teoría de la interacción de las metáforas de Max Black tiene, por lo menos, cuatro aplicaciones a la comunicación pública de la ciencia: para comprender el poder y los límites de las metáforas científicas, para usar modelos para la *redescripción*, para evitar las trampas de la metáfora y para fomentar la participación del público.

En primer lugar, para comprender el poder y los límites de las metáforas científicas un comunicador eficaz de la ciencia debe esforzarse por tener claro lo que trata de explicar o asunto principal y qué recurso metafórico está usando o asunto subsidiario. Tener clara la distinción le permitiría guiar a su público para que se centre en las implicaciones útiles y no se pierda o atasque en las irrelevantes o incorrectas. En segundo lugar, para comprender el poder y los límites de las metáforas científicas un comunicador eficaz de la ciencia debe, también, tener clara las implicaciones acompañantes de la metáfora electa. La analogía no sólo debe ser parecida, sino relevante y poco engañosa. Hablar del ADN como “libro de la vida” destaca que contiene información codificada, pero oscurece su dinámica compleja, su mutabilidad y su influencia.

Para usar modelos (análogos o a escala) para la *redescripción*, el comunicador público de la ciencia ha de admitir que los modelos científicos, según la teoría de la interacción de Max Black, no son copias de la realidad, sino recursos heurísticos para redescribir un

dominio complejo. El modelo de la doble hélice del ADN, por ejemplo, ayuda a redescribir su estructura molecular de forma tridimensional y tangible. Las metáforas, pues, crean nuevos significados, lo que puede abrir otras formas de pensar un fenómeno. Así pues, un comunicador de la ciencia puede usar esta capacidad creativa de las metáforas para generar fascinación y animar al público a pensar un problema desde nuevas perspectivas.

A pesar las bondades de las metáforas para exponer los dominios científicos, su plasticidad implica que el comunicador debe ser honesto y transparente sobre los límites de ellas, esto es, debe evitar las trampas de las metáforas. No basta con decir que, por ejemplo, “el cerebro es como una computadora”, sino que deben explicarse los aspectos similares, como el procesamiento de información, y lo que no lo son, como que las computadoras no tienen sentimientos ni conciencia. Así se evitan los malentendidos y se fomenta un pensamiento crítico. Un comunicador puede guiar al público a preguntarse: “¿Qué aspectos de X (el concepto científico) son similares a Y (la metáfora)?”, pero también “¿Qué aspectos de Y son incorrectos o engañosos cuando se aplican a X?”. Explicar por qué las implicaciones de la metáfora o asunto subsidiario no aplican al asunto principal fortalece la comprensión del concepto científico y evita la simplificación exagerada. Esta aproximación se basa directamente en la teoría de Black y ayuda a la audiencia a no quedarse con una visión superficial del tema.

La teoría de la interacción de Max Black admite que las metáforas son polisémicas, es decir, son susceptibles de múltiples significados y, por ende, de varias interpretaciones. Un comunicador de la ciencia puede usar esto para fomentar la participación del público o, también, para invitarlo a compartir sus interpretaciones y discutirlos. De esta manera la comunicación de la ciencia se vuelve un diálogo que no se queda en la mera transmisión de información. Con esto, además, se hace posible no presentar a la ciencia como un conjunto de hechos inmutables, sino como una investigación dinámica. La búsqueda científica, por ejemplo, puede describirse como un “rompecabezas” a armarse poco a poco, con piezas que no siempre encajan o se pierden en ocasiones. Así lo concebía Thomas Kuhn:

La «ciencia normal», en la interpretación de Kuhn, es el tipo de actividad científica que se da cuando la comunidad científica admite determinadas teorías sin discusión; entonces, los científicos se esfuerzan por estudiar y resolver problemas concretos a la luz de esas teorías. La actividad de la ciencia normal es una especie de «resolución de rompecabezas» (puzzle-solving), ya que no se plantean cuestiones básicas acerca de las teorías utilizadas, sino solamente cuestiones concretas dentro del ámbito de esas teorías: cómo encajar las piezas (problemas y soluciones) dentro de la teoría generalmente aceptada. (Artigas, 2009, p. 85)

Las metáforas, pues, no sólo simplifican, sino que estructuran el pensamiento científico.

Balance

Para Black, las metáforas no son sólo adornos lingüísticos. Son procesos cognitivos, en los que un asunto principal interactúa con un asunto subsidiario. Las metáforas de la ciencia, la actividad científica y la comunicación de la ciencia, a la luz de la teoría de Max Black, proyectan un conjunto de implicaciones acompañantes, ya que resaltan los aspectos de riesgo y descubrimiento o se enfatiza la solidez y la acumulación del conocimiento, además de que pueden dar lugar a generar nuevas hipótesis. Ejemplos clásicos incluyen ver el átomo como un sistema solar o el ADN como un libro de instrucciones.

El uso de una metáfora u otra tiene un impacto profundo en la forma en que el público y los propios científicos entienden la naturaleza del trabajo científico. Además, hay metáforas usadas en algunas teorías científicas sobre la naturaleza en las que el asunto subsidiario (o la metáfora) ayuda a dar sentido al asunto principal (el concepto científico).

La teoría de Max Black sobre modelos y metáforas ofrece, pues, un marco teórico para entender las teorías científicas, la actividad de la ciencia y la comunicación pública de la ciencia. En este último caso, al entender que las metáforas son recursos cognitivos que interactúan con el concepto explicado, los comunicadores pueden utilizarlas de manera estratégica y responsable, no solo para simplificar temas complejos, sino para fomentar una comprensión profunda, crítica y participativa.

La teoría de Black fomenta la idea de que una metáfora puede ser un punto de partida para una conversación más profunda. Al menos esa es la intención. La metáfora inicial no es el punto final de la explicación, sino una herramienta para involucrar a un público. A partir de ella, el divulgador puede deconstruir las partes que no encajan para enseñar los matices del concepto real.

En otro sentido las metáforas no son solo recursos para comunicar ideas a un público no especializado; son elementos constitutivos del pensamiento científico. Ofrecen un marco inicial, porque estructuran el pensamiento científico, para entender fenómenos complejos y, a menudo, el progreso científico implica criticar, refinar o reemplazar una metáfora por otra que se ajuste mejor a las nuevas evidencias.

Discusión

Pese a su utilidad, la teoría de Black presenta debilidades. Se le pueden adjudicar una falta de precisión conceptual entre metáforas, modelos y conceptos epistemológicos. Por ejemplo, algunos modelos, como el de Rutherford, pueden ser poco fieles a la realidad. De igual manera, ideas como la ciencia como construcción son conceptos teóricos más que metáforas literales, en el supuesto de que son muchas las cosas las que se construyen y no en todos los casos se trata de edificar.

De este señalamiento se sigue que el uso de metáforas en la ciencia, la actividad científica y la comunicación pública de la ciencia no ha de ser entendido como una simplificación didáctica. Se trata de un proceso de interacción cognitiva que requiere, efectivamente, de una vigilancia epistemológica, para no desvirtuar los conceptos científicos (si bien, a la letra, pueden seguir siendo *metáforas*). Según la teoría de Max Black, una metáfora funciona mediante la interacción de un asunto principal y un asunto subsidiario, por vía de semejanza, como ocurre con las metáforas poéticas, lo cual permite redescubrir el primero por las implicaciones del segundo. Ahora bien, sin embargo, la efectividad de este recurso depende del reconocimiento de que las metáforas son modelos heurísticos y no copias fieles de la realidad, en el supuesto realista de que la ciencia se las tiene que ver con la realidad.

Dicho de otra forma, la teoría de la interacción de Max Black es un recurso poderoso para producir conocimiento y hacer divulgación científica, no obstante, su eficacia se ve limitada por, puede ser, una falta de rigor por parte de los usuarios del recurso en la distinción entre metáforas, modelos y conceptos teóricos. Las metáforas son útiles para que conceptos abstractos se vuelvan asimilables y, más aún, generen nuevas hipótesis. Sin embargo, el énfasis en las metáforas puede descuidar las fronteras conceptuales. Si no se delimitan, pues, las fronteras entre el concepto (lo que es), el modelo (la estructura de supuestos) y la metáfora (el paralelismo), se corre el riesgo de generar malentendidos o visiones románticas pero inexactas del fenómeno.

Referencias

- Artigas, M. (2009). *Filosofía de la ciencia*. Navarra: EUNSA.
- Aso, U. (2019). "Teoría computacional de la mente: ¿en qué consiste?" en <https://psicologiymente.com/inteligencia/teoria-computacional-de-la-mente>
- Beuchot, M. (1980). "Análisis semiótico de la metáfora" en *Acta poética* 2, pp. 113-126.
- Beuchot, M. (2013). *Ontología y poesía en el entrecruce de la hermenéutica y la analogía*. México: Universidad Iberoamericana.
- Beuchot, M. (2018). *Teoría estética*. México: Orfila.
- Black, M. (1966). *Modelos y metáforas*. Madrid: Tecnos.
- Bynum, W. (2014). *Una pequeña historia de la ciencia*. Barcelona: Galaxia Gutenberg.
- García-Colín, L (2002), Y sin embargo se mueven... Teoría cinética de la materia. México: FCE; en https://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/36/htm/sec_6.html
- Lakoff, G.-Johnson, M. (1998). *Metáforas de la vida cotidiana*. Madrid: Cátedra.
- Redacción National Geographic, "¿Qué es un ecosistema?" en <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/08/que-es-un-ecosistema#:~:text=%22Los%20ecosistemas%20funcionan%20como%20una,falla%22%2C%20subraya%20la%20experta>.
- Velázquez, A. (2022). "Inmunología: el ejército de las defensas y cómo fortalecerlo" en <https://www.expomedhub.com/nota/innovacion/inmunologia-defensas>