

LA ANALOGÍA EN LA CIENCIA CARTESIANA

SOLEDAD ALEJANDRA VELÁZQUEZ ZARAGOZA

ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA/FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Lo más grande, con mucho, es ser un maestro de la metáfora. Es lo único que no puede aprenderse de otros. Es la marca del genio, pues hacer bien las metáforas es percibir bien las relaciones de semejanza.

Aristóteles, *Poética* (1459a)

La analogía es una de las variantes que admite la metáfora (*meta-phora*), misma que, de acuerdo con Aristóteles, consiste en: “dar a una cosa un nombre que pertenece a otra cosa, produciéndose la transferencia (*epi-phora*) del género a la especie, o de la especie al género, o de la especie a la especie, o con base en la analogía”.¹

Como es sabido, el peculiar empleo de analogías o modelos de Descartes en su física se ha convertido en blanco de objeciones de diferentes matices. Para F. Alquíé, el uso cartesiano de la analogía, además de ser desafortunado, es parte de su cómoda evasión de dar cuenta de la verdad del fenómeno en cuestión. De hecho, señala Alquíé:

Descartes usa sucesivamente, según el problema considerado, analogías y comparaciones difíciles de conciliar. Tiene derecho de afirmarlo en la medida en que ha anunciado su renuncia a decir verdaderamente qué es la luz. Pero en esta medida, su mecanicismo no es más que una cómoda representación de un tipo de lenguaje, no una representación de lo real.²

¹ Aristóteles, *Poética*, 1457b. “Llamo, por ejemplo, del género a la especie, decir ‘mi nave se paró’, pues estar anclada es una de las especies o maneras de estar parada una cosa. De la especie al género sería así: ‘ciertamente, Ulises ha llevado a cabo miles de acciones bellas’, pues ‘miles’ es mucho, y en lugar de mucho emplea aquí [...] ‘miles’. De la especie a la especie sería, por ejemplo: ‘habiendo extinguido su vida por medio de la espada de bronce [...]’, y ‘habiendo cortado su vida por medio de su indestructible copa de bronce [...], pues aquí ‘extinguir’ quiere decir ‘cortar’ y ‘cortar’ ‘extinguir’.”

Llamo relación de analogía la que se da cuando un segundo término es al primero lo que el cuarto al tercero [...] diré que hay la misma relación entre la copa y Dionisio que entre el escudo y Ares [...] entre la vejez y la vida que entre el día y el atardecer. ...”

² F. Alquíé: *Descartes. Œuvres philosophiques I. 1618–1637*, Garnier, París, 1988, p. 659, n. 2.

Todavía menos benevolente es la apreciación de T. Isnardi, para quien el uso de analogías, a menudo incorrecto, lo es especialmente en el caso cartesiano. En su opinión, Descartes pretende establecer analogías en condiciones no analogables, pues el filósofo desconoce que “el razonamiento por analogías sólo es correcto cuando se funda exclusivamente en las propiedades comunes al objeto a que se aplica y al análogo”.³ Isnardi detecta esta deficiencia en su análisis de la analogía cartesiana entre las condiciones del fenómeno luminoso y el movimiento de una pelota. Ahí encuentra que la fallida comparación, reminiscencia “del proceso dialéctico preferido por la escolástica [...] [permite a Descartes] obtener cualquier conclusión justificable.”⁴

Conforme a mi perspectiva, apoyada en trabajos de N. Nersessian⁵ y D. Clarke,⁶ principalmente, considero que la evaluación negativa de este recurso impide comprender el papel preciso que desempeña la explicación cartesiana a través de modelos, dentro de su estrategia mecanicista para el estudio de los fenómenos naturales. El primer apartado —y principal— de este escrito se dirige a establecer esta propuesta. En el segundo apartado expongo la influencia —poco conocida— del uso cartesiano de la analogía en el desarrollo de la física, especialmente en lo relativo al tema de la luz y su propagación. Asimismo, presento algunos resultados de la investigación de N. Nersessian, orientada a mostrar la valoración contemporánea del uso de la analogía en la formación y desarrollo de los conceptos científicos.

1. Los recursos del “como si” cartesiano

Descartes nunca dudó del valor de la *comparaison* para entender cabalmente el mecanismo de los fenómenos naturales. Así lo hizo saber en su misiva del 12 de septiembre de 1638 a Morin, en la cual señala que los modelos y analogías: “son la forma más apropiada al alcance de la mente humana para explicar la verdad acerca de los problemas físicos. . .” En efecto, la *comparaison* fue, para Descartes, un recurso no sólo altamente estimado, sino absolutamente indispensable para el conocimiento de la naturaleza. Descartes nos permite constatar lo anterior, al continuar de la siguiente manera

³ T. Isnardi, “La física de Descartes”, en Luis J. Guerrero (comp.), *Descartes. Homenaje en el tercer centenario del Discurso del método*, Instituto de Filosofía, Buenos Aires, 1937, pp. 104–105.

⁴ *Ibid.*

⁵ Nancy, J. Nersessian, “A Cognitive-Historical Approach to Meaning in Scientific Theories”, en *Science and Philosophy. The Process of Science*, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster, 1987, pp. 161–177.

⁶ Desmond M. Clarke, *La filosofía de la ciencia de Descartes*, Alianza Editorial, Madrid, 1986.

el párrafo precedente: “hasta el extremo de que si suponemos alguna cosa acerca de la naturaleza que sea inexplicable mediante una analogía (*comparison*), creo haber demostrado en forma concluyente que sería falsa”. Los numerosos textos que ratifican esta importante función de la analogía en la ciencia cartesiana muestran, además, la estrecha liga que une a este recurso con el mecanicismo, tal como lo entiende Descartes. Sin embargo, antes de examinar esta articulación, objetivo central de este escrito, es menester responder a cuestiones previas: ¿de qué tipo de “traslado de relaciones” nos habla Descartes?, es decir, considerando la variedad de usos analógicos, ¿a cuál de ellos corresponde el caso cartesiano? La respuesta a estas preguntas nos permitirá apreciar, asimismo, la influencia que Descartes ejerció, en este rubro, en el desarrollo ulterior de la física, sobre todo en lo que respecta al tema de la luz y su transmisión, el cual constituye, desde entonces, uno de los ejes teóricos de la física. A esta insuficientemente explorada influencia de la ciencia cartesiana, nos referiremos en el apartado siguiente.

El uso propiamente analógico, según lo indica la ciencia cognitiva,⁷ es aquel que atiende a las relaciones más que a las propiedades de los ámbitos en comparación. Así, puede considerarse la similitud de las relaciones como el uso específicamente analógico, ya que la similitud que establece es no literal. Algunos científicos, entre los que se encuentra Maxwell —según lo veremos más adelante— se han servido principalmente de este tipo de recurso. La similitud literal, basada en los atributos o propiedades y no en las relaciones, no da lugar a una analogía. Un ejemplo que ilustra la similitud literal es la que se establece entre nuestro sistema solar y otra galaxia. Un caso de analogía, es decir, de similitud no literal es la relación entre un sistema solar y un átomo. Ahora bien, ¿de qué tipo de similitud se sirvió Descartes?, ¿qué papel desempeñó el uso de modelos en su explicación física?, ¿qué influencia ejerció en la ciencia de su época?, son los aspectos que ahora trataremos.

“Nada más razonable —escribió Descartes a Plempius el 3 de octubre de 1637— que juzgar las cosas que no percibimos, a causa de sus pequeñas dimensiones, por comparación y similitud con aquellas que sí vemos.” En efecto, para Descartes, no hay una diferencia significativa entre el ámbito de los seres macroscópicos y el de los microscópicos. En ambos planos, idénticos principios rigen su funcionamiento y, asimismo, hay una homogeneidad material en lo que toca a su constitución. Si esto es así, es factible sostener

⁷ Esta tipificación, propuesta por la ciencia (psicología) cognitiva mediante una de sus teorías —de la estructuración cartográfica— permite distinguir diferentes modalidades del uso analógico. Esta teoría no estudia la analogía desde la perspectiva de su génesis histórica, centra su interés en la manera en que el uso analógico puede favorecer el aprendizaje de nuevos conceptos científicos; sin embargo, mediante su tipificación, presta una contribución interesante al estudio genético.

que la explicación asignable a los fenómenos macroscópicos, basada en la constatación de la experiencia observable, es legítimamente aplicable a la explicación de los fenómenos que no alcanzamos a observar. Esto fue precisamente lo que Descartes respondió a Morin, en su discusión en torno a la validez de la analogía en la explicación científica. Para Morin (12 de agosto de 1638): “Los problemas de la física raramente pueden resolverse mediante analogías [*comparaisons*], casi siempre hay una diferencia [entre el modelo y la realidad], o alguna ambigüedad o algún elemento oscuro que es explicado por algo aún más oscuro.”

Sin embargo, Descartes defendió firmemente su uso de la analogía sustentado en la unidad y homogeneidad del mundo. Así, en la explicación de los movimientos de las partículas que generan la luz, respondió a Morin:

estaba en lo cierto al emplear estas esferas observables para explicar sus movimientos giratorios, más que [servirme] de partículas sutiles de materia que son invisibles, de modo que puedo someter mis explicaciones [*raisons*] a la prueba de los sentidos, tal y como trato de hacer siempre. (II, 36)

Suscribo la opinión de Clarke de que el uso analógico de Descartes es válido como explicación científica con la condición de asumir determinadas premisas. Mi análisis de éstas es el siguiente. Para Descartes:

- a) Cualquier fenómeno natural (macro o microscópico) es susceptible de explicación.
- b) Todo fenómeno es explicable en los términos de las (mismas) leyes de la naturaleza, en virtud del funcionamiento mecánico del mundo.
- c) Siempre es posible elaborar un modelo a mayor escala de cualquier fenómeno microscópico.

Descartes ratifica estas consideraciones en un conocido pasaje:

en las analogías que empleo, tan solo comparo unos movimientos con otros, o unas formas con otras, etc.; lo que es lo mismo que decir que comparo las cosas, que por su reducido tamaño no son accesibles a nuestros sentidos, con aquellas que sí lo son y que no se diferencian de las primeras más de lo que un círculo pequeño se diferencia de otro mayor. (II, 367-368)

N. Grimaldi, a propósito de la estrecha relación entre el mecanicismo cartesiano y el uso de analogías, afirma: “Al ser el orden idéntico en todas partes, [. . .] lo desconocido es a lo conocido lo que lo lejano es a lo cercano, lo pequeño a lo grande, lo inobservable a lo observable, lo inaprehensible

a lo manipulable, lo natural a lo artificial, y la imagen al modelo.”⁸ Esto es así porque, en efecto, todo en el mundo físico funciona como una máquina natural. No hay duda de que la célebre idea cartesiana acerca del funcionamiento de la naturaleza encuentra su clave en la concepción mecánica del movimiento, según la cual el funcionamiento maquinaal obedece siempre *reglas naturales*, se trate de una máquina creada por Dios, o de una creada por el hombre, distinguible esta última, de la del tipo anterior, sólo en la medida en que podemos percibir sus componentes.⁹

Veamos algunas consecuencias de lo anterior. Cuando la explicación científica requiere explorar fenómenos microscópicos, puede, legítimamente, hacer uso de modelos basados en el funcionamiento de fenómenos que se pueden observar a simple vista. Así, resultan aplicables los mismos modos de operación al mundo macro o microscópico. Puesto que los modelos son las versiones a escala ampliada de los acontecimientos microscópicos, los conceptos que describen apropiadamente el modelo se aplican válidamente en la explicación del fenómeno representado por él. Esto significa que el modelo no es solamente un recurso didáctico, empleado para comunicar a otros con mayor claridad el mecanismo del acontecimiento en cuestión, es una verdadera hipótesis explicativa de su funcionamiento.¹⁰ Algunas ilustraciones de esto son:¹¹ la teoría de las nubes que funciona paralelamente a la acción de calentar nieve en un recipiente (VI, 292), la explicación de los relámpagos que se confirma cuando quemamos tierra junto con otras sustancias (VI, 320); la teoría del hielo que se comprueba cuando agitamos cuentas sobre un plato. O bien, el conocido e interesante caso de la propagación de la luz como vibración, presión o temblor del medio, cuya explicación analógica es el uso que hace un ciego de su bastón. Del mismo modo en que un ciego localiza con su bastón algún posible tope u obstáculo colocado ante sí, impidiendo su avance hacia el frente; las partículas que componen el medio celeste, no pueden avanzar de manera rectilínea, por

⁸ N. Grimaldi, *L'expérience de la pensée dans la philosophie de Descartes*, Vrin, París, 1978, p. 157.

⁹ El siguiente pasaje de *Los principios de la filosofía* (Parte cuarta, art. 203), expresa con claridad esta idea: “no reconozco diferencia alguna entre las máquinas que construyen los artesanos y los cuerpos que la naturaleza por sí misma ha formado; la única diferencia reside en que los efectos de las máquinas sólo dependen de la disposición de ciertos tubos, resortes u otros instrumentos [perceptibles a simple vista] [...] mientras que los tubos o resortes que causan los efectos de los cuerpos naturales son, por lo general, muy pequeños para ser percibidos por los sentidos”.

¹⁰ En otra parte hemos expuesto que para Descartes, el conocimiento de los fenómenos físicos depende de su constatación empírica, que es la *comprobación* de la hipótesis previamente formulada, con base en principios metafísicos y en otros derivados de éstos. Ahora vemos que el modelo es una estrategia central en la formulación de hipótesis.

¹¹ Véase D. Clarke, *op. cit.*, p. 138.

el efecto combinado de las tendencias centrífuga y centrípeta —como lo explica el modelo de la honda (*Principios*, II, 29). Al no poder avanzar, el movimiento de las partículas genera una vibración, tensión o presión, cuyo efecto es la luz.¹²

El modelo del hombre ciego es particularmente interesante porque permite apreciar con claridad algunas de las posibilidades hermenéuticas que Descartes, hábilmente, extrajo de su empleo de modelos.¹³ Del modelo del hombre ciego podemos afirmar lo siguiente:

1. La analogía permitió a Descartes crear un sugerente repertorio conceptual que habría de emplear reiteradamente en sus incursiones para explicar la propagación de la luz: “temblor”, “presión”, “vibración”, etcétera.
2. La imagen del bastón del ciego describe la acción luminosa cumpliendo entre otros requisitos, el de explicar analógicamente su propagación inmediata, que era un dato experimental, erróneo, obtenido por Descartes.¹⁴ El movimiento se transmite de una manera inmediata desde la mano que toca el bastón hasta la punta del bastón que toca el obstáculo.

Hay pues, una cuidadosa selección del modelo, de manera tal que el acontecimiento macroscópico (modelo) tenga una equivalencia precisa con los acontecimientos no observables. Así, el modelo y el acontecimiento guardan entre sí una interesante relación recíproca, ya que la imagen contribuye a crear la concepción del acontecimiento o acción, y éste, a su vez, queda explicado por la imagen.¹⁵

3. El modelo del ciego que avanza auxiliado por su bastón es reemplazable por la imagen de la tina que contiene uvas y vino, provista de un orificio en el fondo. Si se desean resaltar aspectos diferentes de la

¹² Un estudio sugerente que profundiza en el análisis de este modelo es el de Richard Carter, “Appendix. 4. The Genesis of Light”. *Descartes Medical Philosophy. The Organical Solution to the Mind Body Problem*, The John Hopkins University, Baltimore, Londres, 1983, pp. 280–293.

¹³ Según observaremos en el apartado siguiente, éstas se aproximan notablemente al empleo que Faraday dio a la analogía.

¹⁴ Como es sabido, Olaf Roemer logró calcular la velocidad de la propagación de la luz en 1676, 26 años después de la muerte de Descartes.

¹⁵ Para Max Black (“Metaphor”, en *Aristotelian Society Proceedings*, 1954–1955, pp. 284–285) “la metáfora crea la similitud”, lo cual significa que así como la metáfora expresa alguna similitud existente con anterioridad, a menudo la similitud se crea a propósito de la misma metáfora, o bien se refuerzan algunos rasgos o aspectos del modelo para “crearla”, i.e.: la zorra se convierte en el modelo de la astucia, y las ovejas en el de la mansedumbre. (Citado por C. Turbayne: *El mito de la metáfora*, Fondo de Cultura Económica, México, 1982, pp. 24 y ss.)

relación que mantienen los componentes, o bien, si se desea neutralizar la presencia de las disanalogías, los modelos pueden sustituirse. Si éstos son sustituibles, entonces lo que se compara son relaciones y no propiedades o atributos, pues no podrían reemplazarse. Esto indica que en el caso cartesiano tenemos comparaciones de similitud no literal, por lo que encontramos —según se anota en el inicio del apartado— un uso considerado como auténticamente analógico.

Para C.M. Turbay,¹⁶ además de la dualidad de sentido, o “cruza de especies” hay otro elemento indispensable que caracteriza el uso del modelo —como una variedad de la metáfora—, y es precisamente la conciencia de esta dualidad de sentido, la conciencia de que se presentan dos ideas *como si* fueran una, o en otros términos, la conciencia de la simulación. En Descartes aparece explícitamente esta conciencia en lo que toca a su explicación del mundo físico:

estimaría haber contribuido bastante al desarrollo del conocimiento, si las causas que he explicado son tales que los efectos que ellas puedan producir *son semejantes* a aquellos que vemos en el mundo, sin llegar a cuestionarme si es mediante esas u otras causas como han sido producidos. (*Principios*, IV, 204)

Los recursos que forman parte de esta estrategia de conocimiento, están encabezados por el empleo de la analogía, y no tienen otra pretensión que la de contribuir al descubrimiento de algunos efectos sensibles, que comprueban la idoneidad de las causas que buscan explicarlos. Así, el conocimiento de la física, sostiene Descartes:

sólo tiene por finalidad *aplicar de modo tal unos cuerpos a los otros*, que, por la secuencia de las causas naturales, algunos efectos sensibles sean producidos; esto nosotros lo haremos tan correctamente, considerando la secuencia de algunas causas imaginadas en la forma indicada, aun cuando sean falsas, *como si fueran verdaderas*, porque esta secuencia se ha supuesto que es semejante en cuanto se refiere a los efectos sensibles. (*Principios*, IV, 204) [Las cursivas son mías]

Considerando lo anterior, no es exagerado afirmar, con Clarke, que el proyecto científico cartesiano, en su núcleo, “es una imaginativa construcción de descripciones de los movimientos de partículas [...] [para] explicar los fenómenos naturales y nuestra experiencia de los mismos. [...] [Pues] el ‘mundo real’ es abandonado con una celeridad inusitada en favor de un mundo imaginario en casi todos los intentos de explicación”.¹⁷ Si esto pue-

¹⁶ *Op. cit.*, pp. 30 y ss.

¹⁷ D. Clarke, *op. cit.*, p. 136.

de afirmarse del proyecto en su conjunto, los recursos analógicos que lo conforman serían, a su vez, los modelos que componen una gran analogía, es decir, los recursos del “como si” cartesiano.

2. La analogía y su impacto en la constitución de los conocimientos científicos. La influencia cartesiana

Es sabido que Descartes, en su posiblemente más fructífero modelo, describió la acción de la luz (efecto provocado por la materia, sin ser propiamente un movimiento de partículas), como una vibración, presión o temblor del medio. Sin embargo, es menos conocido que esta descripción fue uno de los antecedentes que condujeron a Faraday,¹⁸ y más tarde a Maxwell,¹⁹ a alcanzar sus notables éxitos científicos a propósito de la formulación de la teoría electromagnética. Esto muestra, por un lado, la atinada precocidad de la creación analógica cartesiana. Por otra parte, la continuidad terminológica observada, podría considerarse una de las evidencias orientadas a fortalecer la tesis de que en el proceso de formación de los conceptos científicos el recurso analógico desempeña un importante papel y que su análisis acucioso soslaya la posibilidad de los “saltos inexplicables” y de las “revoluciones cataclísmicas” en el desarrollo de los conceptos científicos.

La evaluación contemporánea del recurso analógico, a través de estudios como el de N. Nersessian, promueve una promisoría expectativa para valorar con mayor precisión esta y otras estrategias de la reflexión científica que han sido insuficientemente estudiadas. Con el propósito de investigar los procesos mediante los cuales se generan y transforman los conceptos científicos, Nersessian ubica la analogía como una de las estrategias que permiten articular y asimilar los conceptos científicos en el proceso de su

¹⁸ Michael Faraday (1791–1867) nacido en Newington, Surrey, tuvo en el inicio de su vida dos golpes de suerte. El primero fue el de conseguir un empleo como aprendiz de encuadernador, pues como miembro de una familia de diez hijos, difícilmente hubiera podido instruirse de otra manera. Su patrón, sintiendo simpatía por el joven le permitió —ése fue su segundo golpe de suerte— asistir a conferencias científicas. Mediante su gran habilidad para diseñar gráficos, Faraday trató de compensar sus conocimientos matemáticos, remanente de su magra educación. Esparciendo limaduras de hierro sobre un papel bajo el cual había colocado un imán, comprobó que se formaban diseños regulares cuando golpeaba el papel, de este modo hizo visible la fuerza magnética dentro del campo magnético, las “líneas de fuerza” que así se formaban, serían matematizadas por Maxwell medio siglo después. (D. Papp, *Historia de la física*, Espasa-Calpe, Buenos Aires, México, 1945.)

¹⁹ James Clarck Maxwell (1831–1879) mostró un precoz talento que le permitió destacar en los círculos científicos de Edimburgo, su ciudad natal. El trabajo más importante de Maxwell se produjo entre 1864 y 1873, cuando matematizó los trabajos de Faraday sobre las líneas de fuerza magnética. Sus investigaciones lo condujeron a demostrar que la electricidad y el magnetismo no existen aisladamente, dando origen a la teoría del electromagnetismo. (*Op. cit.*)

formación y desarrollo. Para esta investigadora, su estudio permitirá obtener evidencias contra la frecuente opinión de que los nuevos conceptos en la ciencia surgen “por algún inexplicable salto que desafía el análisis racional”.²⁰ En contraste, Nersessian sostiene que mientras más cuidadosa y detenidamente se examinan las razones por las cuales surgen y se modifican los conceptos, es más factible discernir los recursos y estrategias que les han dado lugar. El proceso es pues, susceptible del análisis racional que descubre la concatenación de las sendas y vicisitudes recorridas. De este modo no hay “saltos inexplicables” ni “revoluciones cataclísmicas”.

El caso histórico que Nersessian analiza, examina una parte del proceso de formación del concepto de campo magnético, básico para la física moderna, y paso esencial de la revolución científica contemporánea. Como sabemos, sin la concepción del campo magnético, la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica no habrían sido posibles y, en la actualidad, numerosos proyectos de investigación se encuentran tras la búsqueda de una concepción unificada del concepto. El análisis del proceso de formación del concepto de campo de fuerza permite apreciar, de acuerdo con los resultados obtenidos por Nersessian, que el uso de la analogía fue crucial en la transición del concepto cualitativo de Faraday hacia el concepto cuantitativo de Maxwell, desempeñando las funciones de “asimilación” y de “articulación” en el proceso. Lo cual implica que la analogía aportó un sustento temporal mediante una expresión física que sería la base para desarrollar posteriormente una concepción matematizada de las fuerzas eléctricas y magnéticas en el medio mecánico.

Expliquemos brevemente lo anterior. Faraday elaboró una representación gráfica de las características de la transmisión de las acciones eléctricas y magnéticas que obtuvo por medio de sus acuciosas observaciones. Tal representación gráfica proveyó importantes elementos, aprovechados después por Maxwell, que podemos agrupar en cuatro bloques.

1. La representación gráfica de las líneas de fuerza permitió a Faraday crear recursos terminológicos atinadamente seleccionados para reflexionar, comunicar y discutir con otros sus hallazgos. Cabe subrayar que la imagen gráfica se convierte aquí en un modelo cuya interpretación peculiar, a través de los términos que se emplean para su descripción, crea el ámbito de significación, vale decir, los límites significativos para la comprensión del fenómeno. Algunos de los términos que empleó fueron: “expansión”, “colapso”, “temblor”, “tensión” y “vibración”.

²⁰ N. Nersessian, *op. cit.*, p. 169.

2. En su descripción gráfica de campo, con mayor fuerza que por el conducto discursivo, Faraday expresa la noción de que las acciones eléctricas y magnéticas tienen lugar a lo largo y a través de líneas curvas de fuerza. La imagen que contiene la curvatura de las líneas de fuerza fue un componente esencial de su argumento, es decir, que dichas acciones no son acciones a distancia.
3. La aparición del modelo contribuyó a la expectativa de generar una concepción unificada. Muchos de los esfuerzos de Faraday se dirigieron a tratar de formular una concepción coherente de cómo el movimiento de las líneas podría describir todas las fuerzas de la naturaleza. La relación entre la electricidad estática y la dinámica, para Faraday, podría estar fundada en la expansión y colapso de las líneas de fuerza. El magnetismo podría consistir en una vibración de las líneas de fuerza y la misma vibración podría conectar una repulsión lateral entre ellas. La luz y la gravedad pueden ser el resultado de “temblores” o “vibraciones” de las líneas. La propia materia se podría explicar como la convergencia de líneas de fuerza en puntos centrales. En suma, los diferentes fenómenos podrían encontrar explicación en el marco del modelo.
4. La expresión cuantitativa del campo, insuficiente y errónea, se basó en la apreciación de que las líneas de fuerza aparecen en la imagen como líneas discretas. La “intensidad del campo”, como se establecería después, es una función continua. Como se observa, una vez más, la influencia del modelo fue decisiva en la concepción de campo de Faraday.

Posteriormente, sobre la base de estos elementos, Faraday elaboró la representación gráfica que influiría directamente en la formulación de campo de fuerza de Maxwell. Al representar la naturaleza recíproca de las acciones de la electricidad y el magnetismo mediante círculos que se intersectan formando entre sí un ángulo recto, Faraday proporcionó a Maxwell el punto de partida para desarrollar el análisis cuantitativo de las líneas de fuerza. La contribución del modelo de Faraday en la representación matemática de Maxwell se evidencia en su complejo doble uso de campo: uno, para la “intensidad” (medida longitudinal); y otro para la “cantidad” (medida lateral). Así, esta representación permitió cuantificar la fuerza eléctrica y la magnética, concebidas como acciones propagables en un mismo medio o éter, entre las cuales se encuentra también la luz.

De esta manera, en la formulación del concepto de campo de fuerza el modelo aportó, en lo que toca a su función de “asimilación”, las relaciones adoptadas entre los componentes de una representación dada. En cuanto a

su función de “articulación”, el nuevo concepto seleccionó las relaciones ya familiares, ajustándolas a sus diferentes requerimientos explicativos, para expresar nuevas relaciones: “Lo que el nuevo concepto incorpora y comparte con el dominio análogo son ciertas abstracciones expresadas en las relaciones.”²¹ Este recurso alcanzó la categoría de método en Maxwell, quien denominó método de la “analogía física” a la representación matemática de un conjunto de fenómenos físicos sobre la base de un isomorfismo parcial entre las leyes de un conjunto conocido de fenómenos, y las relaciones asumidas para asir un conjunto de fenómenos en investigación.²²

Como se ha mencionado, la noción de campo electromagnético se origina con Faraday quien lo denominó, siguiendo su modelo gráfico, “líneas de fuerza física”, y las describió como temblores, vibraciones o presión en el medio. La noción iba a tener un gran futuro. Maxwell, un siglo después, lograría describir en forma unificada los fenómenos eléctricos y magnéticos, comprobándolos experimentalmente. Maxwell hablaba entonces de “ondas de radiación”, entendiéndolas como ondas que viajan a la velocidad de la luz, misma que no es sino “una presión” que se ejerce al chocar contra superficies.²³ La noción de “onda electromagnética”, se enuncia actualmente como: “Perturbaciones que se propagan con la velocidad de la luz, consistentes en ondas de campo eléctrico y de campo magnético perpendiculares entre sí y a la dirección de la propagación.”²⁴ Dependiendo de la dirección de estas “perturbaciones”, paralelas o longitudinales, transversales o perpendiculares, dan origen a las ondas sonoras o a la luz. De igual manera, los diferentes tipos de radiación se conciben como clases de “excitación pasajera del vacío o medio en que se está propagando; la excitación [...] es creada por la materia”, pero la luz y demás radiaciones, “no viene acompañada de un flujo de materia”, no hay un “transporte de materia”, aunque sí de energía.

La exposición anterior, como espero se haya evidenciado al subrayar la continuidad en el uso de la terminología para describir la acción de la luz, trata de sugerir que, en el contexto de la teoría ondulatoria, tal acción se

²¹ N. Nersessian, *op. cit.*, p. 172.

²² Para Maxwell este método describe el curso normal que la mente sigue para desarrollar concepciones acertadas en la física, *sin comprometerse* con alguna teoría física en particular. El método proporciona el formalismo matemático de la imagen física concreta, exento de concepciones teóricas previas. Como se advierte, esta consideración resulta ahora muy cuestionable pues la interpretación de la imagen, la elección de la imagen, la propia observación que construye la imagen, son acciones tamizadas por cierta “manera de ver” que incorpora una concepción teórica previa, explícita o implícita.

²³ Ana Ma. Cetto, *La luz en la naturaleza y en el laboratorio*, Fondo de Cultura Económica, México, 1987, pp. 84 y ss.

²⁴ *Op. cit.*, p. 136.

concibe, en efecto, como una vibración, temblor o presión que se propaga, que —según hemos visto— fue la concepción analógica propuesta por Descartes. Adicionalmente, este enfoque de estudio, en torno a la génesis de los conceptos en la ciencia, nos permite vislumbrar la incipiente, pero bien documentada investigación del servicio que ha prestado la analogía en el desarrollo de la ciencia, luego mostrar, como caso paradigmático, el uso de la analogía en la explicación de la propagación de la luz que propone Descartes, quien fue, según lo hemos apreciado, un verdadero maestro de la metáfora.

BIBLIOGRAFÍA

OBRAS DE DESCARTES:

Œuvres (11 vols.), Charles Adam y Paul Tannery (comps.), Librairie Philosophique J. Vrin, París, 1996.

Œuvres philosophiques (3 vols.), selección de textos, notas y presentación de Ferdinand Alquié, Classiques Garnier, París, 1988.

OTRAS OBRAS:

Aristóteles, *The Basic Works of Aristotle*, Richard Mc. Kean (comp. e introduc.), Random House, Nueva York, 1941.

Cetto, Ana Ma., *La luz en la naturaleza y en el laboratorio*, Fondo de Cultura Económica, México, 1987.

Clarke, Desmond M., *La filosofía de la ciencia de Descartes*, Alianza Editorial, Madrid, 1986.

Grimaldi, N., *L'expérience de la pensée dans la philosophie de Descartes*, Vrin, París, 1978.

Isnardi, T., "La física de Descartes", en Luis Juan Guerrero (comp.), *Descartes. Homenaje en el tercer centenario del Discurso del método*, Instituto de Filosofía, Buenos Aires, 1937.

Nersessian, Nancy, J., "A Cognitive-Historical Approach to Meaning in Scientific Theories", en *Science and Philosophy. The Process of Science*, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster, 1987.

Papp, D., *Historia de la física*, Espasa-Calpe, Buenos Aires, México, 1945.

Turbayne, C., *El mito de la metáfora*, Fondo de Cultura Económica, México, 1982.