

LOS EXPERIMENTOS MENTALES COMO MODELOS CIENTÍFICOS*

THOUGHT EXPERIMENTS AS SCIENTIFIC MODELS

GUADALUPE METTINI
Universidad Nacional del Litoral
Santa Fe, Argentina.
guadalupemettini@gmail.com

RESUMEN

El propósito de este trabajo es proporcionar una explicación novedosa sobre el funcionamiento de los experimentos mentales en física. Propongo que gracias a esta clase de experimentos es posible realizar inferencias acerca del comportamiento de los fenómenos y extraer conclusiones que explican aspectos del mundo físico a partir de la teoría relevante. Los escenarios imaginarios describen casos idealizados que funcionan como límites ideales de los fenómenos concretos. Este punto de vista asume un compromiso realista mínimo que reside en afirmar que los experimentos mentales representan aspectos del mundo porque permiten obtener conocimiento aproximadamente verdadero acerca de los fenómenos físicos o, en otras palabras, los experimentos mentales representan porque Las conclusiones que se infieren del modelo se aplican a sistemas reales.

Palabras clave: experimentos mentales; modelos; idealización; límites ideales; representación científica.

* Este artículo se debe citar: Mettini, Guadalupe. "Los experimentos mentales como modelos científicos". *Rev. Colomb. Filos. Cienc.* 20.40 (2020): 199-223 <https://doi.org/10.18270/rcfc.v20i40.3237>

ABSTRACT

It is argued that epistemic attitude (ethos or stance) of the scientific realist -i.e., the search for explanations even conjecturing unobservables, the goal of minimising the universe of brute facts- is incompatible with the attitude of a strong or ontological emergentist, one that resigns itself to leaving unexplained and as unexplainable some emergence phenomena, hence it is argued that scientific realism is inimical to this to this kind of emergentism, one resigned to ignorance. It is also argued that the realist attitude is preferable for scientific research, since the scientific realist wagers on keeping investigating and inquiring.

Keywords: thought experiments; models; idealization; ideal limits; scientific representation.

1. INTRODUCCIÓN

Los experimentos mentales han sido usados en física con distintos propósitos. En ocasiones contribuyeron a la formulación de conceptos y al desarrollo de nuevas teorías físicas. Algunas de sus narrativas describieron sistemas para los cuales no se disponía de una teoría o mostraron la inaplicabilidad de un principio aceptado. Se emplearon también como herramienta heurística para favorecer la ilustración de teorías. En otros casos constituyeron un instrumento esencial en la aplicación de teorías científicas. Este último aspecto es el que me interesa examinar en este trabajo.

Los experimentos mentales consisten en una práctica que, al menos en principio, hace posible obtener conocimiento del mundo físico a partir de un ejercicio del pensamiento. Establecer las fuentes de este conocimiento constituye uno de los puntos centrales de la controversia epistemológica. No obstante, es posible afirmar provisionalmente que la manipulación mental de escenarios imaginados permite derivar ciertas consecuencias acerca del comportamiento de fenómenos físicos. Algunos experimentos mentales formulados en los inicios de la física moderna cumplieron el rol de proporcionar un caso ejemplar de aplicación de una hipótesis, representando un sistema idealizado cuyas características no podrían ser reproducidas completamente

en un sistema real. Muchos de los experimentos mentales de Galileo desempeñaron esta función. El caso del experimento mental de los cuerpos en caída libre, por ejemplo, muestra, a partir de la consideración del comportamiento de un sistema de pesos combinados, que en ausencia de rozamiento dos cuerpos de igual masa y composición caen con una aceleración constante (Galileo 1974).

Desde la modernidad, la construcción de modelos como fuente de conocimiento del mundo físico es una práctica extendida. Considerados como objetos abstractos, los modelos han sido diferenciados de la experimentación y del cálculo. La modelización tuvo un papel central en la aplicación de leyes científicas. Recientemente la filosofía de la ciencia se ha volcado al estudio de las prácticas científicas y ha dedicado mucha atención al estudio de los modelos. En esta línea de investigación, Morrison (2009) revisó el caso del modelo del péndulo como requisito para la aplicación de la ley de oscilación armónica. Interpreta el caso como el de un modelo con una función mediadora entre los principios teóricos y los sistemas físicos. Destaca que esta clase de modelos tiene un rol fundamental en la justificación de teorías.

Deseo sugerir que la comparación entre los experimentos mentales y los modelos científicos revela similitudes relevantes entre estas dos prácticas e introduce una analogía que resulta explicativa de los poderes epistémicos de los experimentos mentales. Esta comparación proporciona un marco para elucidar consistentemente el rasgo más intrigante del funcionamiento de los experimentos mentales: la producción de conocimiento nuevo en ausencia de intervención en el mundo natural. La motivación de esta comparación se centra en que los modelos científicos, ampliamente aceptados como fuentes de conocimiento del mundo natural, carecen del elemento de la intervención, se diferencian a su vez del cálculo y emplean las mismas estrategias de idealización que encontramos en los experimentos mentales.

En la segunda sección argumento por qué las comparaciones de los experimentos mentales con los experimentos reales, por un lado, y con los argumentos teóricos, por otro, no pueden proporcionar una explicación satisfactoria de su funcionamiento epistémico. Sugiero que comparar los experimentos mentales con los modelos científicos permite explicitar la función de algunos elementos propios de los experimentos mentales en la generación de nuevo conocimiento acerca del mundo natural.

En la tercera sección proporciono una noción de modelo científico y argumento que los experimentos mentales pueden incluirse entre los modelos científicos con base en tres aspectos que presentan y que son característicos de los modelos. Sostengo que 1) los experimentos mentales como los modelos pueden suplantar sistemas físicos y posibilitar de este modo una forma de razonamiento subrogativo; 2) los experimentos mentales emplean estrategias de idealización con los mismos fines que los modelos científicos, esto es, con el propósito de volver tratables problemas complejos y hacer accesibles sistemas muy remotos o muy pequeños, y 3) los experimentos mentales como los modelos cumplen un importante papel en la aplicación de teorías, como mediadores entre los fenómenos y los principios teóricos. Muestro a partir de la presentación de casos cómo los experimentos mentales tienen estas características.

En la cuarta sección examino la noción de idealización científica y argumento que los experimentos mentales presentan casos idealizados que representan sistemas reales. Sostengo que tales sistemas son límites ideales de los sistemas reales. Propongo que una interpretación realista de las operaciones de idealización nos permite asumir un compromiso realista mínimo. Los experimentos mentales permiten derivar conclusiones (aproximadamente) verdaderas sobre los sistemas físicos razonando a partir de un sistema idealizado porque son capaces de representar algunos aspectos del mundo físico.

2. LA ANALOGÍA CON LOS EXPERIMENTOS Y CON LOS ARGUMENTOS TEÓRICOS

Es materia de controversia si los experimentos mentales pueden proporcionar evidencia a favor de hipótesis, es decir, si pueden desempeñar un papel relevante en el contexto de la justificación de las teorías. El punto nodal para argumentar en favor de una interpretación optimista respecto de los poderes epistémicos de los experimentos mentales es el de esclarecer el mecanismo en virtud del cual un ejercicio imaginativo es capaz de proporcionar conocimiento nuevo del mundo natural.

Los experimentos mentales se han empleado como recurso cuando las limitaciones técnicas impiden la experimentación real. Este es el caso del famoso experimento de Galileo¹ de los cuerpos en caída libre, el más estudiado en la filosofía de la ciencia. A este experimento se le han atribuido, en ocasiones, poderes epistémicos excepcionales. De acuerdo a algunas interpretaciones, el experimento refuta la hipótesis aristotélica según la cual los cuerpos caen a una velocidad proporcional a su peso y presenta evidencia para sostener el principio de equivalencia. Es un caso excepcional en el que Galileo sortea la imposibilidad técnica de generar vacío para comparar el comportamiento de los sistemas en caída libre. Algunos han sostenido incluso que el experimento es un caso que muestra que la “buena física se hace *a priori*” (Koyré 1887 257).

Otras interpretaciones han sostenido que estas estrategias son incapaces de superar los argumentos teóricos en su alcance. Si desempeñan alguna función útil en el contexto de justificación, esta es la de mostrar inconsistencias en las teorías empleando mecanismos inferenciales ordinarios como la reducción al absurdo. Aunque el poder heurístico de estas herramientas es innegable, desde estas perspectivas es un elemento irrelevante en términos de justificación. Desde este punto de vista, los experimentos mentales son, en el mejor de los casos, argumentos elegantes disfrazados en la narrativa de un experimento (Norton 1996).

Considero que una dificultad importante en los estudios sobre los poderes epistémicos de los experimentos mentales es que se han empleado analogías desacertadas para explicitar su funcionamiento. Las perspectivas optimistas sobre este tema han sostenido que la manipulación controlada de variables es lo que caracteriza a la experimentación y que los experimentos mentales, dado que emplean un recurso similar por cuanto describen un sistema físico posible e identifican las

¹ En el contexto de la investigación de los poderes epistémicos de los experimentos mentales, el caso de Galileo aparece en todos los estudios sistemáticos de su funcionamiento. Véase, por ejemplo, Sorensen (1992), Häggqvist (1996), Gendler (2000), Cohen (2005) y Brown (2011); también en numerosos artículos; solo por mencionar algunos: Norton (1996), Brendel (2004), Cooper (2005), Clatterbuck (2013) y Palmieri (2018).

variables relevantes y muestran su correlación, son análogos de los experimentos reales. Las perspectivas pesimistas han supuesto que, dado que es posible reconstruir argumentalmente muchos casos de experimentos mentales, sus poderes epistémicos se pueden delimitar a partir de la especificación del contenido empírico de las proposiciones involucradas y de los mecanismos de inferencia empleados. Si bien no es posible mostrar exhaustivamente por qué estas dos analogías son erradas, señalaré dos puntos que permiten exhibir la inadecuación de estas lecturas. Sugiero, por una parte, que si bien las analogías se fundan en similitudes entre los experimentos mentales y otras prácticas científicas, estas son superficiales; por otra, que estas analogías ignoran las características distintivas de los experimentos mentales (ausencia de intervención en el mundo natural e instantaneidad de los resultados) y que por este motivo no logran explicar suficientemente su funcionamiento.

Los experimentos mentales no son estrategias de la misma clase que los experimentos reales porque, aunque se parecen a estos últimos en su descripción, carecen del elemento definitorio de las prácticas experimentales: la intervención en el mundo natural. La comparación entre experimentos mentales y reales se funda en analogías positivas: en la narrativa de los experimentos mentales se describe un aparato experimental como ocurre en la descripción de experimentos reales; además, se instruye al experimentador para que manipule alguna de las variables o se explica el funcionamiento y la operación de algún mecanismo. Aunque la ejecución de un experimento mental involucra la participación activa del experimentador en algún sentido, el tipo de manipulación en cuestión difiere sustancialmente de la intervención en el mundo natural que tiene lugar en los experimentos reales. Esta ha sido identificada como la característica más saliente de la experimentación² que la diferencia esencialmente de la teoría. La ausencia de este elemento hace difícil sostener que se trata del mismo tipo de práctica.

La principal dificultad que enfrentan las posiciones que sostienen que los experimentos mentales son esencialmente similares a los reales es explicar de manera

² Véase, por ejemplo, Radder (2003).

consistente cómo se origina el conocimiento nuevo sobre el mundo natural en ausencia de datos nuevos. Ninguna de las perspectivas disponibles proporciona una elucidación plausible de cómo la manipulación de variables en la imaginación da lugar a nuevo conocimiento sobre el comportamiento de los sistemas físicos. Algunas líneas interpretativas sostienen que se trata de la intelección *a priori* de leyes de la naturaleza; este es el caso de Koyré (1987) y Brown (2011). Otras afirman que el nuevo conocimiento procede de una reorganización de conocimiento empírico acumulado en virtud de procesos psicológicos que no pueden ser especificados exhaustivamente; esta es la interpretación que proporcionan Sorensen (1992) y Gendler (2000). La interpretación apriorista asume compromisos metafísicos espurios y depende de analogías que resultan sumamente problemáticas para explicar el conocimiento intuitivo de leyes de la naturaleza, específicamente descansa en la comparación entre la percepción visual y la intelección de leyes.³ La interpretación psicologista del mecanismo de reorganización de creencias presente en los experimentos mentales no logra identificar mecanismos de conocimiento que puedan reconocerse en otras prácticas científicas y que a partir de la especificación de su funcionamiento permitan establecer criterios de fiabilidad.

Por otra parte, la perspectiva que interpreta los experimentos mentales como argumentos reduce sus poderes epistémicos al de las inferencias empleadas en su reformulación argumental. Esta lectura sugiere que la ausencia de intervención en el mundo material es el elemento que justifica asimilar los experimentos mentales a los argumentos. Esta interpretación es incorrecta fundamentalmente porque del hecho de que sea posible reconstruir un experimento mental como un argumento no se sigue que sus poderes epistémicos coincidan estrictamente con los de las inferencias lógicas empleadas en su reconstrucción. Afirmar que los experimentos mentales son argumentos encubiertos supone además que hay solo dos formas de razonamiento científico: la que tiene lugar a partir de la manipulación de fenómenos y la que depende de las inferencias lógicas que puedan seguirse de modo inductivo o

³ Para un tratamiento más detallado de la posición apriorista, véase Mettini (2018).

deductivo de un conjunto de proposiciones especificadas. No hay razones fundadas para restringir el razonamiento científico a estas dos alternativas, pues el empleo extendido de los modelos científicos es evidencia de que existen otras formas relevantes de razonamiento científico. Además, los experimentos mentales suelen incluir diagramas o esquemas cuya visualización es esencial para interpretar el experimento. Las operaciones de visualización no pueden ser traducidas adecuadamente como proposiciones lingüísticas.

Además, esta lectura no hace justicia a otro de los elementos característicos de los experimentos mentales: la celeridad con las que obtenemos conclusiones empleando estos mecanismos. La ejecución de un experimento mental nos permite arribar a conclusiones sobre el comportamiento de los sistemas físicos en menos tiempo y con menos esfuerzo que con la realización de una inferencia. Estas observaciones sugieren que, aunque los experimentos mentales se comunican a través de una narrativa expresada en proposiciones lingüísticas, la ejecución de un experimento mental no es reducible a las inferencias lógicas involucradas y que los recursos empleados en estos dispositivos exceden los que usualmente forman parte de los argumentos teóricos.

Propongo que los experimentos mentales son más parecidos a los modelos científicos que a los experimentos reales y a los argumentos teóricos. La interpretación de los experimentos mentales como modelos permite explicar sus poderes epistémicos enmarcándolos en el examen filosófico de otras prácticas científicas, sin apelar a mecanismos de conocimiento extraordinarios y sin ignorar su fuerza heurística. Sostengo que los experimentos mentales como los modelos científicos posibilitan una forma de razonamiento subrogativo. La descripción de un experimento mental involucra de manera esencial el uso de las estrategias de idealización por lo general empleadas en la construcción de modelos científicos y que su funcionamiento es sustancialmente similar al de los modelos. En concreto, los experimentos mentales presentan un caso idealizado al que se aplica un conjunto de hipótesis científicas. A continuación reconstruyo la noción de modelo científico sobre la cual se sostiene esta interpretación. Esta se apoya al mismo tiempo en una noción minimalista de representación. Esta última da sentido al hecho de que los experimentos mentales

puedan proporcionar conocimiento sobre el mundo natural sin intervenir directamente en él.

3. LOS EXPERIMENTOS MENTALES COMO MODELOS CIENTÍFICOS

En la ciencia moderna la construcción de modelos es fuente de conocimiento del mundo físico. Los modelos científicos son de gran importancia, especialmente para comprender sistemas que resultan inaccesibles a la experimentación real como sucede en astrofísica o cosmología. La noción de modelo científico ha sido ampliamente tematizada en la literatura filosófica de los últimos años⁴. Entre otras cuestiones, se han discutido su naturaleza, las funciones que desempeñan y el estatus del conocimiento que puede proporcionar. Para los propósitos de este trabajo, es relevante retomar la cuestión acerca de cómo los modelos vinculan los principios teóricos con un dominio de fenómenos. La elucidación de este vínculo estuvo ligada al desarrollo de una noción inteligible de representación científica.

En general, en la literatura filosófica, los exámenes filosóficos de los modelos centrados en la práctica científica sostienen que estos representan algún aspecto del mundo o un conjunto de fenómenos, usualmente denominados “objetivos” (*target*) de la representación, a través de ciertos objetos abstractos o concretos, identificados como la “fuente” (*source*) de la representación. La relación entre fenómenos y modelos es indirecta debido a que, como señala Weisberg (2007), el objetivo (*target*) de los modelos no son los fenómenos en sí mismos sino abstracciones de estos. Los fenómenos pueden dar lugar a muchos objetivos diferentes dependiendo del subconjunto de propiedades seleccionadas para la modelización. La interpretación de Cassini (2013) ilumina el proceso de obtención de un modelo. Según esta lectura, la construcción de un modelo es un proceso que comienza con la delimitación de

⁴ Véanse, por ejemplo, las contribuciones de Suárez (2003), Frigg (2006) y Bailer-Jones (2009).

un problema, prosigue con la determinación del propósito del modelo y la especificación de qué tipo de soluciones se espera de su empleo y en qué grado el modelo se aproxima a los fenómenos reales. La definición del problema permite identificar el objetivo (target) del modelo que es construido asimismo para intentar resolver un problema específico. En síntesis, el vínculo entre modelos y fenómenos es una relación de representación mediada por un conjunto de operaciones vinculadas con los fines prácticos y objetivos cognitivos de la modelización que involucra procesos de selección de los aspectos por modelar de los fenómenos.

Las idealizaciones empleadas en los modelos se asocian, en general, a estrategias de simplificación o distorsión. Las simplificaciones se realizan con el propósito de hacer más tratables problemas complejos. Las distorsiones tienen el propósito de facilitar los cálculos o ampliar la aplicabilidad de las conclusiones a un número mayor de fenómenos. Debido a las particularidades de los procesos de modelización, la construcción de modelos fenoménicos idealizados que permiten aplicar principios teóricos a sistemas concretos del mundo real es una actividad que ha sido diferenciada de la teorización y de la experimentación.

La exégesis de los poderes epistémicos de los experimentos mentales aparece íntimamente vinculada a sus propiedades de representación y modelización. Los experimentos mentales pueden ser interpretados como una clase de modelos científicos con base en tres aspectos fundamentales que comparten con los modelos. En primer lugar, los experimentos mentales hacen posible conocer algunos aspectos del comportamiento de sistemas físicos porque pueden suplantarlos. Como los modelos, posibilitan una forma de razonamiento subrogativo que permite a los experimentadores derivar conclusiones acerca del mundo natural a partir de la exploración del comportamiento del modelo. En segundo lugar, los experimentos mentales, como los modelos científicos, hacen tratables problemas complejos a través del empleo de estrategias de idealización que permiten la simplificación por la concentración en algunos aspectos del problema, la distorsión y la supresión de información no relevante. Por último, los experimentos mentales como los modelos cumplen un importante papel en la aplicación de teorías, como mediadores entre los fenómenos y los principios teóricos.

La noción de modelo que se emplea como sustento de esta interpretación es la sugerida por Bailer-Jones. Desde este punto de vista: “un modelo científico es una descripción interpretativa de un fenómeno (proceso u objeto) que facilita el acceso intelectual o perceptual a ese fenómeno” (Bailer-Jones 2009 61). El tipo de descripción que los modelos son capaces de proporcionar excede la mera descripción fenomenológica, explora un trasfondo teórico relevante y emplea una gama de herramientas representacionales externas como ecuaciones, parcelas de datos empíricos, esquemas, objetos y enunciados del lenguaje ordinario, entre otros recursos. Asimismo los modelos pueden ser traducidos a proposiciones que expresan su “mensaje”.

Los experimentos mentales en física pueden ser descritos como modelos científicos en los términos propuestos por Bailer-Jones (2009). Todos los ejemplares tienen el objetivo de facilitar el acceso a un fenómeno o sistema físico a partir de un trasfondo teórico empleando diferentes herramientas representacionales. Entre estas se incluyen de manera esencial: proposiciones lingüísticas, representaciones visuales, esquemas y diagramas.

La razón para sostener que los experimentos mentales pueden suplantar sistemas físicos es que, a partir de su manipulación, podemos derivar conclusiones que son verdaderas respecto de los fenómenos. Para argumentar en favor de este punto, es necesario sustanciar alguna noción de representación científica. Suárez (2015) ha defendido una concepción deflacionaria de representación⁵ que sirve a este propósito. Su perspectiva puede ser sintetizada del siguiente modo: un modelo (A) representa un sistema (B), si (y solo si) la fuerza representacional de A señala a B y si A permite a agentes competentes e informados derivar inferencias acerca de B. Esta noción de representación involucra dos condiciones. La primera estipula que el modelo es usado por alguien para representar un sistema. Suárez denomina a esta condición “fuerza

⁵ De acuerdo con Suárez (2015), el enfoque deflacionario se caracteriza por no proveer una definición sustancial de representación, esto es, en términos de condiciones necesarias y suficientes. El enfoque deflacionario sostiene que las funciones y los roles de la representación no pueden ser definidos a priori, independientemente de la práctica representacional sino que solo pueden ser completamente articulados contra el trasfondo de esta práctica.

representativa”. La segunda establece que el modelo permite al usuario realizar inferencias del modelo al sistema. El autor llama a esta condición “capacidad inferencial”.

Para Suárez (2015), no hay aspectos en la noción de representación que permitan proporcionar una definición en términos de condiciones necesarias y suficientes. Muestra que tal definición no puede darse en términos de simetría e isomorfismo, como tradicionalmente intentó elucidarse la relación lógica entre la fuente y el objetivo de la representación. Por tanto, la mejor respuesta que es posible proporcionar a la pregunta: “¿en virtud *de qué* los modelos representan sistemas?” es que lo hacen porque los agentes son capaces de extraer conclusiones sobre los sistemas a partir de una forma de razonamiento subrogativo, esto es, derivando conclusiones acerca del comportamiento de los fenómenos a partir de la manipulación del modelo. La cuestión que queda por decidir es la de cuándo las inferencias sobre el sistema en cuestión arrojan conclusiones verdaderas. Para Suárez (2015), la representación es una actividad colectiva y son los usuarios de los modelos quienes, a partir de ciertos intereses, propósitos y de un trasfondo de conocimiento, establecen los criterios de corrección para los modelos.

Los escenarios descritos en los experimentos mentales tienen por objetivo representar un sistema físico o un dominio de fenómenos y permitir a los experimentadores realizar inferencias sobre ese sistema o dominio de fenómenos. Así, por ejemplo, Galileo en *El diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo* (1967) propone una situación para observar el comportamiento de los objetos en un marco de referencia inercial en movimiento uniforme. El experimento describe a dos observadores situados dentro de la cabina de un barco liberando animales voladores o arrojándose mutuamente una pelota. El objetivo del experimento es mostrar que no es posible para un observador dentro de un marco de referencia en movimiento uniforme diferenciar entre este y uno en reposo. El observador dentro de la cabina de un barco en movimiento no puede diferenciar el sistema del barco en movimiento de un sistema en reposo basándose en el comportamiento de los objetos dentro de este marco. La experiencia es equivalente a la que un observador podría tener dentro de un avión o un automóvil. Asimismo, la conclusión del razonamiento basado en la situación hipotética se aplica a sistemas físicos reales. En síntesis, es posible afirmar

que el experimento mental descrito satisface las dos condiciones establecidas por Suárez (2015) y por lo tanto puede suplantar a los sistemas. El experimento mental posee fuerza representativa porque es capaz de señalar un dominio de fenómenos y tiene capacidad inferencial ya que permite derivar conclusiones a partir de la situación simulada que se aplican a sistemas reales.

El segundo elemento para argumentar que los experimentos mentales son un tipo de modelo científico es que permiten, por un lado, que ciertos sistemas físicos muy remotos o muy pequeños sean accesibles y, por otro, posibilitan que algunos problemas complejos sean tratables porque representan selectivamente. No todos los elementos presentes en los sistemas reales están incluidos en el modelo y algunos elementos que están en el modelo no representan nada en el sistema. Los procesos de selección de elementos por representar se operan en la determinación del objetivo (*target*) del modelo y a través del empleo de estrategias de idealización en el modelo.

Los experimentos mentales representan selectivamente un dominio de fenómenos de una manera análoga a como los modelos científicos lo hacen. En primer lugar, la descripción de un experimento mental involucra la selección de los aspectos que se representarán del sistema. En segundo lugar, los experimentos mentales emplean de manera esencial estrategias de idealización, fundamentalmente la abstracción y la distorsión para hacer posible la representación. Un caso de representación selectiva y uso de estrategias de idealización es el tipo de razonamiento empleado por Halley (1987) en el experimento mental diseñado para explicar la oscuridad del cielo nocturno en el marco de la cosmología newtoniana. Desde ese punto de vista, en un universo poblado uniformemente por infinitas estrellas tan brillantes como el Sol, un observador situado en cualquier punto del universo debería observar un cielo completamente brillante. No obstante esta suposición, el cielo nocturno es oscuro. Halley propuso un modelo de distribución de la luz estelar en el universo que considera una distribución homogénea de estrellas, ordenadas en una serie de esferas concéntricas cada una compuesta por un número de estrellas proporcional al radio de la esfera. En este modelo, el número de estrellas aumenta a medida que se incrementa el tamaño de la esfera y la luminosidad de las estrellas disminuye proporcionalmente a su distancia. De acuerdo con esta representación, la cantidad de luz

que un observador situado en el centro recibe desde cada esfera es proporcional al número de estrellas y a su distancia. Halley concluye que la diferencia entre estos dos efectos explica la oscuridad del cielo nocturno. El experimento mental representa selectivamente. Supone una distribución homogénea de las estrellas y considera que la compensación entre estos efectos (cantidad de estrellas y distancia respecto del observador) explica el enigma de la oscuridad del cielo nocturno. Aunque la solución de Halley es errónea porque no tiene en cuenta que la luminosidad de las sucesivas capas se adicionaría generando como resultado un cielo completamente brillante, el caso emplea un conjunto de simplificaciones y distorsiones para hacer tratable al problema. Asimismo el modelo provee las razones por las cuales la explicación de Halley es incorrecta. Este es un motivo para suponer que, dado que el modelo representa, permite a los usuarios decidir sobre la corrección de dicha representación.

El tercer elemento para argumentar que los experimentos mentales son una clase de modelos científicos es que desempeñan una importante función como mediadores entre las teorías y los fenómenos, especialmente en los casos en los que la experimentación real no es posible. Morgan y Morrison (1999) y Cartwright (1999) han desarrollado una interpretación de los modelos científicos centrándose en su función como mediadores. Sostienen que estos son entidades híbridas en cuya construcción intervienen diversos elementos: hipótesis pertenecientes a diferentes teorías, datos empíricos y estrategias de modelización. Este punto de vista les atribuye a los modelos poderes epistémicos que exceden el papel heurístico al que el examen filosófico los relegó en ocasiones. Los modelos como mediadores son capaces de representar aspectos del mundo físico, ejemplificando los conceptos abstractos que aparecen en las teorías. Son al mismo tiempo herramientas imprescindibles de la práctica científica porque posibilitan una amplificación de los recursos disponibles para obtener conocimiento del mundo natural. Algunos modelos pueden funcionar como instrumentos de medición, aumentando nuestra capacidad de observación sobre los fenómenos. En algunos casos, los modelos pueden incluso facilitar la intervención sobre fenómenos en principio inaccesibles (Morgan & Morrison 1999).

El punto de vista de Cartwright (1999) y Morgan y Morrison (1999) permite explicar la naturaleza sui géneris de los modelos e ilumina la comprensión del

funcionamiento de los experimentos mentales. Desde esta perspectiva, los modelos son entidades híbridas en cuya construcción intervienen elementos heterogéneos, se emplean hipótesis pertenecientes a teorías diferentes y se refieren datos empíricos. No son completamente independientes de toda teoría aunque tampoco son constitutivos de una teoría determinada. Los modelos representan no porque imitan sino porque traducen a otras formas la naturaleza de un sistema y una teoría, y lo hacen encarnando parcialmente el sistema en cuestión (Morgan & Morrison 1999). Estas características también pueden identificarse en los experimentos mentales. La naturaleza híbrida de los experimentos mentales ha dificultado la explicación de su funcionamiento a partir de la analogía con los experimentos reales y los argumentos teóricos. Los experimentos mentales emplean una forma de razonamiento subrogativo en el que, a partir de la presentación de un fenómeno idealizado, se derivan conclusiones que se aplican a algunos aspectos de los sistemas físicos. Se componen de hipótesis procedentes de diferentes teorías científicas, emplean descripciones lingüísticas, diagramas y visualizaciones; además pueden reconocerse diferentes tipos de inferencia involucrados en la derivación de conclusiones.

Muchos experimentos mentales han desempeñado funciones mediadoras. Algunos casos se emplearon para ilustrar las consecuencias de una teoría que de otro modo resultan altamente contraintuitivas (este es el caso del famoso experimento mental del demonio de Maxwell 1871), conjeturar fenómenos hipotéticos para los cuales no existe una teoría desarrollada (como el experimento mental del balde giratorio de Newton 1934), proporcionar una interpretación teórica para el caso o presentar una nueva interpretación teórica que da sentido al caso (como el mencionado experimento de Galileo empleado para refutar la hipótesis aristotélica y postular el principio de equivalencia). En todos estos ejemplos, se postula un fenómeno hipotético empleando como base para la descripción del escenario imaginario observaciones empíricas ordinarias, estrategias de idealización (como superficies sin fricción o esferas totalmente redondas), supuestos teóricos aceptados y postulados hipotéticos. El funcionamiento de los experimentos mentales puede interpretarse a partir de la construcción de un modelo coherente del fenómeno en cuestión, esto es, que permita explicarlo subsumiéndolo a principios teóricos o predecir su comporta-

miento. En el caso de los experimentos mentales, construir un modelo coherente del fenómeno implicar articular los principios teóricos para dar respuesta a la pregunta “¿qué sucedería?” en tal situación hipotética (Cooper 2005).

En la siguiente sección se tematiza el empleo de idealizaciones en los experimentos mentales. Se argumenta que estas estrategias posibilitan la presentación de un caso ejemplar que se opera como límite ideal respecto de los sistemas reales.

4. IDEALIZACIÓN EN LOS EXPERIMENTOS MENTALES: LÍMITES IDEALES

Las estrategias de idealización constituyen un recurso ampliamente usado en la práctica científica para aproximar las descripciones teóricas a los fenómenos (Ladyman 2008). Su uso no es privativo de los modelos teóricos. En los experimentos reales los sistemas físicos son simplificados, aislando o reduciendo la influencia de una serie de factores, haciéndolos de este modo más manejables con vistas a indagar las correlaciones entre las variables. Por otra parte, las idealizaciones matemáticas son ubicuas en física. Estas permiten tratar problemas complejos reduciendo el tiempo y empleando los recursos computacionales disponibles. En suma, la distorsión deliberada es admitida en los experimentos concretos y en general es una práctica habitual en física porque permite manipular un sistema para la evaluación de hipótesis, construir casos ejemplares para la aplicación de teorías e incluso explorar sistemas para los cuales no existe un marco teórico interpretativo.

La noción de idealización puede caracterizarse de manera general como: “la introducción intencional de distorsión en las teorías o en los modelos científicos” (Weisberg 2013 240). La necesidad de introducir distorsiones⁶ en las explicaciones teóricas se debe a que en ocasiones las leyes contradicen la descripción del fenómeno

⁶ Se entiende aquí *distorsión* de una manera cercana a su significado lexicográfico, como una alteración de los elementos del sistema real que son empleados en la representación.

que se proponen subsumir. Cartwright (1983) destacó este papel de las idealizaciones, fundamental en la articulación teórica, por cuanto permiten trasladar una teoría de alto nivel a un efecto particular o fenómeno específico.

Dentro de las estrategias de idealización es posible distinguir entre simplificaciones, aproximaciones, abstracciones y distorsiones. Si bien no todos estos términos tienen una definición específica, algunas diferencias sustanciales pueden establecerse entre las estrategias que operan suprimiendo o ignorando algún elemento del fenómeno para hacer más sencilla su representación y las que lo hacen modificando las variables que están presentes en los fenómenos. Las abstracciones se emplean en las descripciones de los fenómenos con el propósito de dejar de lado determinadas propiedades que pertenecen al fenómeno modelado por ser consideradas irrelevantes. La introducción deliberada de variables o la modificación de los parámetros en los modelos tiene el propósito de facilitar los cálculos o ampliar la aplicabilidad de las conclusiones a un número mayor de fenómenos.

Todos los tratamientos filosóficos de los experimentos mentales coinciden en que estos dispositivos emplean idealizaciones, abstracciones y suposiciones contrafácticas de manera esencial. Las descripciones de los escenarios imaginarios y de los aparatos experimentales e instrumentales invocan, por ejemplo, superficies sin fricción o esferas perfectamente redondas. En otros casos describen la forma y la composición de los objetos, pero no sus colores, y en ocasiones hipotetizan circunstancias que no pueden darse en la realidad. Si bien esta clase de experimentos no recurren a las idealizaciones matemáticas, ya que en ellos no tiene lugar el recurso a la matematización o computación, sus narrativas se caracterizan por el uso de simplificaciones y distorsiones o por la eliminación de factores perturbadores.

Algunas de las interpretaciones disponibles sobre los poderes epistémicos de esta clase de experimentos les otorgan a las idealizaciones un rol constitutivo de su poder heurístico. Estas estrategias favorecen, desde este punto de vista, la instantaneidad con la que es posible derivar conclusiones aplicables a situaciones en el mundo natural facilitando los procesos inferenciales, tal como propone Gendler (2000).

Otras perspectivas depositan en las estrategias de idealización el poder evidenciable de los experimentos mentales. La posición de acuerdo con la cual la narrativa

de los experimentos mentales posibilita elaborar modelos mentales que representan las relaciones causales, temporales y espaciales entre eventos y entidades que tienen lugar en los fenómenos en el mundo real sostiene que el recurso a la abstracción o simplificación permite presentar las situaciones en cuestión como prototípicas, como sugieren Nersessian (1992) y Mišćević (1992).⁷

La interpretación de los experimentos mentales como un tipo de modelo científico que sostengo se basa en las similitudes entre estas formas de razonamiento científico y propone que las estrategias de idealización empleadas en los experimentos mentales permiten presentar casos ejemplares a los que se aplican principios teóricos y a partir de cuya consideración se pueden derivar conclusiones que valen para los fenómenos empíricos. La abstracción y la distorsión son procedimientos comunes en la práctica científica. También lo es la suposición contrafáctica. Identificar en los experimentos mentales una práctica común en el razonamiento científico hace posible disolver el misterio respecto del origen del conocimiento sobre el mundo empírico que pueden proveer. Los rudimentos del conocimiento que estas prácticas pueden proporcionar se encuentran en el conocimiento empírico de los experimentadores y las hipótesis científicas bien confirmadas. La generalidad de sus conclusiones y el

⁷ La interpretación de los experimentos mentales como una clase de modelos científicos se diferencia de la perspectiva de los modelos mentales propuesta por Nersessian y Mišćević. Esta última sostiene que los experimentos mentales propician una representación adecuada de un problema porque permiten a los sujetos representarse un modelo cuasi espacial que pueden manipular a partir de la movilización de ciertos recursos (habilidades cognitivas, conocimiento implícito, creencias perceptuales) generando de este modo creencias no inferenciales similares a las perceptivas. La construcción de modelos dinámicos de este tipo depende de ciertas habilidades vinculadas a la capacidad de representación hipotética, similares a las destrezas empleadas en la representación de narrativas, que permiten filtrar alternativas empleando el conocimiento empírico acumulado. La lectura de los experimentos mentales como modelos supone que estos son un tipo de entidad híbrida, del mismo tipo que los modelos científicos, que emplea una serie de recursos (proposiciones, diagramas, visualizaciones) que posibilita una forma de razonamiento subrogativo. Desde este punto de vista, las habilidades cognitivas y los procesos psicológicos de los experimentadores tienen un papel relevante en la explicación del funcionamiento epistémico de los experimentos mentales.

poder persuasivo de sus narrativas se explica con base en las estrategias de idealización que emplean.

Las estrategias de simplificación y distorsión usadas en los experimentos mentales pueden ser identificadas a partir de la distinción elaborada por McMullin (1985). Las idealizaciones constructivas proceden sobre la interpretación conceptual de un problema. En los experimentos mentales es habitual identificar supuestos falsos en la descripción teórica o aspectos intencionalmente no especificados en esta, como las superficies completamente lisas en la descripción del movimiento en un plano inclinado o la redondez perfecta de las esferas que se desplazan a través de este. Las idealizaciones causales operan sobre la descripción del sistema y se emplean en estos dispositivos con el propósito de traducir un problema complejo a uno más simple tomando en consideración solo un pequeño número de las causas y de los factores perturbadores de la ocurrencia de los fenómenos (Reiss 2018). La omnipresencia de estas estrategias en la narrativa de los experimentos mentales permite inferir que es un elemento constitutivo del tipo de práctica a la que pertenecen.

Las estrategias de idealización ayudan a presentar los casos descritos en los experimentos mentales como paradigmáticos de la aplicación de principios teóricos. El poder heurístico de las situaciones idealizadas explica la facilidad o instantaneidad con la que es posible realizar inferencias a partir del modelo. La simplificación y la distorsión de los parámetros contribuyen a ampliar el dominio de fenómenos que el modelo construido en el experimento mental representa. Asimismo, estas estrategias hacen al modelo manejable permitiendo derivar consecuencias con “poco esfuerzo” o con bajo costo cognitivo. Este elemento ha sido asimilado al tipo de razonamiento simulativo que propician. A partir de la descripción de unos pocos pasos son capaces de favorecer un razonamiento en el que unas pocas iteraciones permiten derivar conclusiones que se pueden aplicar a sistemas reales, como sugieren Lenhard (2018) y Humpreys (2004).

El extensivo empleo de estrategias de idealización en los experimentos mentales nos retrotrae al problema de la representación. Dado que la relación entre los principios teóricos y los fenómenos está mediada en los experimentos mentales por los modelos, es preciso indagar por los criterios de legitimidad de tal empleo. Lay-

mon (1991) propone que un criterio relevante para distinguir usos legítimos e ilegítimos de las idealizaciones en los experimentos mentales es intentar responder a la cuestión acerca de si la naturaleza daría la misma respuesta que la situación planteada en el experimento mental. Este proceso es equivalente al de concretización operado sobre los modelos científicos. Hay dos maneras de justificar las suposiciones que involucran idealizaciones en los experimentos mentales. Por un lado, se puede mostrar que existe una serie de refinamientos en los experimentos reales tales que al aplicarlos estos puedan aproximarse a los postulados por el experimento mental (Laymon 1991). Por otro, la posibilidad de justificar las distorsiones introducidas en los experimentos mentales puede apoyarse en teorías ampliamente aceptadas sobre las causas que pueden perturbar el resultado experimental. En otras palabras, la legitimidad de estos procedimientos se basa en la suposición de que existe una serie convergente de experimentos que pueden acercarse asintóticamente al límite ideal. La correlación entre los fenómenos idealizados y los sistemas físicos, vía procedimientos de concretización o a través de interpretaciones teóricas, permite reforzar la tesis de acuerdo con la cual los experimentos mentales representan.

CONCLUSIONES

La interpretación de los experimentos mentales como modelos científicos presenta una serie de ventajas explicativas respecto de las lecturas que los equiparan a los experimentos reales y a los argumentos teóricos. Fundamentalmente proporciona una explicación plausible de cómo los experimentos mentales producen nuevo conocimiento y logra integrar esta exégesis a la teorización filosófica sobre otras formas de razonamiento científico. Permite elaborar además una lectura consistente de su eficacia heurística, un elemento que ha caracterizado a esta clase de experimentos y que ha motivado interpretaciones esotéricas de su funcionamiento.

La falta de intervención en el mundo natural es un rasgo que tanto la explicación “experimental” como la “argumental” reconocen como rasgo propio de estos dispositivos. La manipulación de variables en la imaginación difiere de la in-

tervención material en que la ocurrencia del resultado de dicha manipulación está determinada enteramente en el experimento mental por la descripción del aparato experimental, por las teorías a las que se apela en la narrativa y por el conocimiento de fondo de los experimentadores. Esta es una diferencia importante con los experimentos reales. Los resultados de los experimentos mentales están limitados por los aspectos representados en un sistema idealizado. El tipo de razonamiento que los experimentos mentales propician hace posible inferir ciertas conclusiones acerca del comportamiento de los sistemas reales y bloquea otras. La descripción de un escenario imaginario, de un aparato experimental o de un mecanismo establece las condiciones iniciales e identifica las variables relevantes. La pregunta planteada en el experimento mental “¿qué pasaría si...?” implica que el experimentador se represente la situación descrita y responda cómo se comportaría el sistema representado en tales condiciones dado cierto marco conceptual. Este ejercicio permite derivar una “moraleja” o, en términos de Bailer-Jones, un mensaje, que es el resultado de interpretar la situación en cuestión empleando los elementos provistos para ello. He mostrado que esta es típicamente una forma de razonamiento subrogativo, diferente de las inferencias lógicas que pueden realizarse a partir de un conjunto de proposiciones lingüísticas

Por otra parte, el poder heurístico de los experimentos mentales puede explicarse identificando las estrategias empleadas para su formulación. Las idealizaciones, cuyo uso es extendido en la construcción de modelos científicos, permiten explicar la celeridad con la que es posible derivar conclusiones a partir de esta clase de ejercicio de la imaginación. Las idealizaciones introducidas en los experimentos mentales pueden justificarse, desde una perspectiva realista, vinculando las situaciones descritas en los escenarios hipotéticos con los fenómenos. En muchos experimentos mentales es posible acercar los sistemas idealizados a los sistemas reales a partir de progresivos procesos de concretización o empleando teorías ampliamente aceptadas sobre las causas que perturban, por ejemplo, la producción de un fenómeno. Esta correlación puede favorecer procesos de corrección en los modelos y permitirnos delinear criterios de legitimidad para establecer una distinción entre usos apropiados y espurios de los experimentos mentales.

En síntesis, la interpretación de los experimentos mentales científicos como un tipo de modelos científicos permite especificar en qué sentido estas prácticas se vinculan con los fenómenos y esclarecer el tipo de relación que establecen con los sistemas reales de representación selectiva. La noción de representación empleada no involucra que los experimentos mentales reflejan o representan exhaustivamente los sistemas físicos sino que, a partir de la selección de algunos aspectos, permiten realizar inferencias cuyas conclusiones son verdaderas en el mundo natural.

TRABAJOS CITADOS

- Bailer-Jones, Daniela. *Scientific Models in Philosophy of Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2009.
- Brendel, Elke. "Intuition Pumps and the Proper Use of Thought Experiments". *Dialectica* 58.1 (2004): 89-108.
- Brown, James. *The Laboratory of the Mind: Thought Experiments in the Natural Sciences*. 2.nd ed. London: Routledge, 2011.
- Cartwright, Nancy. *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: Oxford University Press, 1983.
- _____. "Models and the Limits of Theory: Quantum Hamiltonians and the BCS Models of Superconductivity". *Models as Mediators*. Eds. Mary Morgan y Margaret Morrison. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 196-240.
- Cassini, Alejandro. "Modelos, idealizaciones y ficciones: Una crítica del ficcionalismo". *Principia* 17. 3 (2013): 345-364.
- Clatterbuck, Hayley. "The Epistemology of Thought Experiments: A Non-eliminativist, Non-platonist Account". *European Journal of Philosophy of Science* 3.1 (2013) 309-329.
- Cohen, Martin. *Wittgenstein's Beetle and Other Classic Thought Experiments*. Oxford: Blackwell, 2005.
- Cooper, Rachel. "Thought Experiments". *Metaphilosophy* 36.1 (2005): 328 -347.

- Frigg, Roman. "Scientific Representation and the Semantic View of Theories". *Theoria* 55.1 (2006): 37-53.
- Galileo. *Discorsi e dimostrazione matematiche intorno a due nuove science*. 1638. [Two New Sciences]. Trad. al inglés de Stillman Drake. Madison: University of Wisconsin Press, 1974.
- Galileo. *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*. Trad. al inglés de Stillman Drake. 2nd revised ed. Berkeley: University of California Press, 1967.
- Gendler, Tamar. *Thought Experiment: On the Power and Limits of Imaginary Cases*. London: Routledge, 2000.
- Hägqvist, Soren. *Thought Experiments in Philosophy*. Stockholm: Almqvist & Wiksell International, 1996.
- Halley, Edmund. "On the Force of Light and its Propagation in the Ether and the Distances to the Fixed Stars". 1744. *Darkness at Night: A Riddle of the Universe*. Ed. Edward Harrison. Cambridge: Harvard University Press, 1987. 221-222.
- Humphreys, Paul *Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method*. New York: Oxford University Press, 2004.
- Koyré, Alexandre. *Études d'histoire de la pensée scientifique, Paris, Gallimard* [1973]. Trad. española: Estudios de historia del pensamiento científico, México: Siglo XXI, 1987. 206-257.
- Koyré, Alexandre. "Galileo's Treatise 'De Motu Graviorum': The Use and Abuse of Imaginary Experiment". *Metaphysics and Measurement*. London: Chapman and Hall, 1968. 44-88.
- Ladyman, James. "Idealization". *Philosophy and Philosophy of Science*. Eds. Stathis Psillos y Martin Crund. New York: Routledge, 2008. 358-366.
- Laymon, Ronald. "Thought Experiments by Stevin, Mach and Gouy: Thought Experiments as Ideals Limits and as Semantics Domains". *Thought Experiments in Science and Philosophy*. Eds. Tamara Horowitz y Gerald Massey. Savage: Rowman and Littlefield, 1991. 167-191.
- Lenhard, Johannes "Thought Experiments and Simulation Experiments: Exploring Hypothetical Worlds". *The Routledge Companion to Thought Experiments*. Eds.

- James Brown, James, Michael Stuart y Yiftach Fehige. London: Routledge, 2018. 554-567.
- Maxwell, James. *Theory of Heat*. London: Longman, 1871.
- McMullin, Ernan. "Galilean Idealization". *Studies in History and Philosophy of Science* 16 (1985): 247-273.
- Mettini, Guadalupe. "Experimentos mentales y conocimiento *a priori*". *Praxis Filosófica Nueva Serie* 47 (2018): 71-90.
- Miščević, Nenad. "Mental Models and Thought Experiments". *International Studies in the Philosophy of Science* 6.3 (1992): 215-226.
- Morgan, Mary y Margaret Morrison. *Models as Mediators*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- Morrison, Margaret. "Models, Measurement and Computer Simulation". *Philosophical Studies* 143 (2009): 33-57.
- Nersessian, Nancy. "In the Theoretician Laboratory: Thought Experimenting as Mental Modeling". *PSA* (1992): 291-301.
- Newton, Isaac. *Mathematical Principles of Natural Philosophy*. 1686. Trans. de Andrew Mott y Florian Cajori. Berkeley: University of California Press, 1934.
- Norton, John. "Are Thought Experiments Just What You Thought?" *Canadian Journal of Philosophy* 26 (1996): 333-366.
- Palmieri, Paolo. "Galileo's Thought Experiments: Projective Participation and the Integration of Paradoxes". *The Routledge Companion to Thought Experiments*. Eds. James Brown, Michael Stuart y Yiftach Fehige. London: Routledge, 2018.
- Radder, Hans. Ed. *The Philosophy of Scientific Experimentation*. Pittsburgh: Pittsburgh University Press, 2003.
- Reiss, Julian. "Thought Experiments and Idealization". *The Routledge Companion to Thought Experiments*. Eds. James Brown, Michael Stuart y Yiftach Fehige. London: Routledge, 2018.
- Sorensen, Roy. *Thought Experiments*. New York: Oxford University Press, 1992.
- Suárez, Mauricio. "Deflationary Representation, Inference and Practice". *Studies in History and Philosophy of Science* 49 (2015): 36-47.

Weisberg, Michael. "Three Kinds of Idealization". *Journal of Philosophy* 104.1 (2007): 639-659.

Weisberg, Michael. *Simulation and Similarity. Using Models to Understand the World*. New York: Oxford University Press, 2013.