

El estatus convencional de las idealizaciones en teorías físicas

JOSÉ LUIS ROLLERI

§1. Introducción

EN ESTE ESCRITO intentaré elaborar y sustentar la tesis de que las idealizaciones en las teorías físicas, es decir, las suposiciones idealizantes, irrealistas, en las leyes y los modelos físicos, tienen un estatus convencional que fortalece el convencionalismo de Henri Poincaré en el campo de la física

Desde una posición conceptualista,¹ proseguiré, hasta cierto punto, el razonamiento de Poincaré con respecto al carácter convencional de las teorías geométricas, proponiendo la tesis de que paralelamente al carácter convencional de los axiomas geométricos, las leyes y los modelos de las teorías de la física matemática tienen, en alguna medida, un carácter convencional puesto que contienen idealizaciones —suposiciones irrealistas, sean contrafácticas o contra-actuales— que se adoptan en virtud de que resultan convenientes para lograr conceptualizar sistemas y procesos físicos de cierto modo, relativamente a la teoría física en cuestión. Los modelos son constructos teóricos por medio de los cuales conceptualizamos los sistemas y procesos físicos, por una parte, y que concuerdan con las leyes de la teoría física en consideración, por otra parte. Puesto que esos modelos se construyen suponiendo ciertas idealizaciones, éstas se adoptan por convención para lograr conceptualizar los sistemas y procesos físicos de algún modo, dado que los modelos concuerden con las leyes pertinentes de la teoría.

Primero presentaré la tesis de Poincaré sobre el carácter convencional de los axiomas y teoremas de las diversas teorías geométricas. Después vincularé el concepto de idealización con el de modelo, y examinaré el carácter idealizado de las leyes básicas de la física. Posteriormente intentaré elaborar y sustentar la

¹ He intentado elaborar esa posición conceptualista, también conocida como relativismo conceptual e incluso epistemológico, en varios lugares, recientemente en Rolleri (2021).

tesis propuesta sobre el convencionalismo en física, la tesis de que si tomamos en cuenta el carácter idealizado de las leyes y los modelos físicos la extensión a la física del convencionalismo de Poincaré resulta plausible.

§2. El convencionalismo geométrico

El precedente filosófico del convencionalismo de las teorías geométricas, euclidiana y no euclidianas, de Poincaré fue la concepción apriorística de Kant de los axiomas de la geometría de Euclides como enunciados sintéticos verdaderos, con carácter necesario y universal. Mientras que el precedente científico fueron las geometrías no-euclidianas debidas a Lobachevski y a Riemann que surgieron en el siglo XIX.

Las geometrías de Lobachevski y de Riemann, construidas a partir de la substitución del postulado de Euclides por postulados alternativos que le contradicen, mostró a Poincaré que la geometría euclidiana carece de carácter necesario y, de ahí, que sus axiomas no son verdades *a priori*. Esas geometrías no-euclidianas son consistentes y, al igual que la euclidiana, bajo ciertas interpretaciones resultan verdaderas, en el sentido actual de que tienen modelos donde sus respectivos axiomas son satisfechos por objetos geométricos ideales.

El postulado de Euclides, o postulado de las paralelas, afirma que a través de un punto dado no hay más que una línea paralela a una recta dada. Tras innumerables intentos fallidos durante siglos de deducir ese postulado de los demás axiomas de Euclides, Lobachevski postuló que a través de un punto dado pueden ser trazadas dos líneas paralelas a una recta dada, obteniendo un sistema geométrico hiperbólico con teoremas diferentes a los euclidianos, por ejemplo: la suma de los ángulos de un triángulo es menor que dos ángulos rectos. Por su parte, Riemann desechó además del postulado de Euclides, el primer axioma que establece que a través de dos puntos puede pasar sólo una línea recta, obteniendo una geometría elíptica con teoremas también distintos como es el teorema que la suma de los ángulos de un triángulo es mayor a dos ángulos rectos (ver Poincaré, 1902, pp. 171-173). La diferencia entre esos tres sistemas geométricos puede apreciarse en el contraste que señala Poincaré: “Así el número de rectas a través de un punto dado que pueden ser trazadas coplanas a una recta dada, pero sin que la intersecten, es igual a: uno en la geometría euclidiana; cero en la de Riemann; infinito en la de Lobachevski.” (1902, p. 173).

Ante tal escenario de geometrías alternativas, Poincaré arguye que: “[...] debemos primero preguntarnos cuál es la naturaleza de los axiomas

geométricos. ¿Son juicios sintéticos *a priori*, como Kant dijo? Ellos entonces se impondrían a nosotros con tal fuerza que no podríamos concebir la proposición contraria, ni construir sobre ella un edificio teórico. No habría geometrías no-euclidianas.” (1902, p. 175).

Por supuesto, hay varias cuestiones que surgen frente a la diversidad de sistemas geométricos. Tal vez, la de mayor importancia es si la geometría de Euclides es la teoría del espacio físico de nuestro mundo, si bajo una apropiada interpretación en términos físicos resulta la teoría verdadera del mundo de la física clásica. Antes de responder a esta pregunta, debemos anotar una tesis que es central en el convencionalismo geométrico de Poincaré. Él mantiene que es posible establecer un tipo de equivalencia entre las geometrías no-euclidianas y la euclidiana con base en un diccionario que nos permita traducir los teoremas de, por ejemplo, la geometría de Lobachevski en los teoremas de la geometría euclidiana de tal manera que a cada teorema de la primera corresponda un teorema de la segunda. Poincaré esboza el siguiente diccionario de las geometrías de Euclides y de Lobachevski: bajo la suposición de cierto plano que se considera como el plano fundamental tenemos que *Espacia* porción del espacio situado sobre el plano fundamental; *Plana* esfera que corta ortogonalmente el plano fundamental; *Recta*: Circulo que corta ortogonalmente el plano fundamental; *Esfera*: esfera; *Circula* circulo; *ángula* ángulo; etc., etc. (ver 1902, p. 174). Con base en este diccionario se pueden “traducir” teoremas de la geometría de Lobachevski en teoremas de la geometría euclidiana. Poincaré argumenta en virtud de este procedimiento de traducción entre teoremas de ambas geometrías, la consistencia del sistema de Lobachevski se demuestra relativamente a la consistencia del sistema de Euclides, es decir, el primero está libre de contradicciones en el supuesto de que el segundo lo esté. Él demostró, pues, que es consistente el sistema formado por el anterior postulado de Lobachevski que niega el axioma de las paralelas conservando los demás axiomas de la geometría de Euclides.

Aun así, la geometría de Lobachevski no sería más que una curiosidad lógica, como dice Poincaré que la estimaron muchos matemáticos contemporáneos a él. Ese orden de ideas asume que la geometría euclidiana describe la estructura geométrica del espacio de la física clásica; la geometría física euclidiana, el sistema geométrico abstracto de Euclides bajo una interpretación física apropiada, nos aporta la geometría del espacio físico. Para Poincaré, esto implicaría que la geometría, el sistema de axiomas con conceptos abstractos sobre objetos ideales, fuese una ciencia experimental, que los axiomas de la geometría son verdades experimentales: “Pero nosotros no experimentamos sobre líneas o círculos ideales, sólo puede hacerse sobre

objetos materiales. ¿Entonces sobre qué podrían estar basados los experimentos que deberían servir como fundamento de la geometría? [...] Si la geometría fuera una ciencia experimental, no sería una ciencia exacta, estaría sujeta a una revisión continua.” (Poincaré, 1902, p. 176). La cuestión es clara: las experiencias sobre cuerpos materiales y rayos de luz, como contrapartes físicas de sólidos y líneas rectas, no pueden fundamentar los axiomas de Euclides. Incluso, arguye Poincaré, las propias leyes experimentales no pueden demostrarse, sólo se cumplen aproximadamente.

De tal manera, para Poincaré, la experiencia científica no determina ni decide nuestra elección de una geometría, puesto que es posible concebir cualquier experimento con la geometría de Euclides o con la de Lobachevsky, ya que estas teorías son intertraducibles. En este sentido, y sólo en este sentido, podemos decir que la experiencia subdetermina nuestra elección entre diversas teorías geométricas. Esta es una tesis clave en el convencionalismo de Poincaré: los experimentos físicos no pueden decidir entre geometrías alternativas. De ahí que la cuestión: ¿cuál es la estructura geométrica del espacio físico? no puede responderse con base en la experiencia; de nuevo, la geometría no es una ciencia empírica. Finalmente, Poincaré concluye que los axiomas de la geometría no son juicios sintéticos *a priori* ni están establecidos por hechos experimentales (ver 1902, p. 176).

Desde luego, hay discrepancias sobre el papel que desempeña, o puede desempeñar, la experiencia científica con respecto a la estructura geométrica del espacio físico. Contra Poincaré, Reichenbach sostiene una postura empirista sobre esto: “La geometría del espacio físico debe ser reconocido como un problema empírico, es una tarea de la física escoger el espacio real [*actual*], i. e., el espacio físico, entre los *posibles* tipos de espacio.” (1928, p. 10). La plausibilidad de esta tesis depende de si podemos decidir cuál es la geometría que se requiere para llevar a cabo cierto experimento, sin alternativa posible. En cualquier caso, arguye Poincaré, un experimento ejecutado con el sistema euclidiano como marco geométrico puede reinterpretarse en el sistema de Lobachevski con base en la traducción de los enunciados geométricos pertinentes recurriendo al diccionario.

Excluidas las anteriores alternativas apriorista y empirista sobre la naturaleza de los axiomas geométricos, Poincaré propone su original concepción convencionalista sobre los axiomas geométricos tanto euclidianos como no-euclidianos: “Ellos son *convenciones*; nuestra elección entre todas las posibles convenciones es *guiada* por hechos experimentales; pero perdura *libre* y está limitada sólo por la necesidad de evitar toda contradicción.” (1902, p. 176). La elección de una geometría no está determinada por los hechos experimentales,

es convencional en función de nuestros propósitos presentes.

Es más, los axiomas geométricos son, de acuerdo con la tesis de Poincaré, *definiciones disfrazadas* en el sentido de que ellos definen los objetos ideales que los satisfacen, ellos caracterizan y delimitan las clases de objetos abstractos que conforman el dominio de un sistema geométrico. Podríamos decir que términos como línea recta, plano y triángulo adquieren significado en virtud de los axiomas de la geometría en consideración. Este es el sentido en que los axiomas son definiciones disfrazadas (en términos actuales: definiciones implícitas) de las clases de objetos ideales y abstractos en los que se cumplen. Dado el estatus convencional de los axiomas geométricos como definiciones disfrazadas, para Poincaré la cuestión de si son verdaderos carece de significado (ver 1902, p. 176). Asumimos una teoría geométrica en lugar de otra por resultar más conveniente para cierto propósito, no porque sea la teoría verdadera: “Una geometría no puede ser más verdadera que otra; sólo puede ser *más conveniente*” (1902, p. 176).

Aunque una geometría puede ser más conveniente que otra con respecto a una situación física dada, no de manera absoluta, Poincaré sostiene que la geometría de Euclides es, y permanecerá, más conveniente que las geometrías no-euclidianas por dos razones: primero, por ser la más simple, matemáticamente más simple; segundo, por una especie de adecuación fáctica en el sentido de que se ajusta suficientemente bien con los objetos naturales que manipulamos y comparamos con nuestros instrumentos de medición (ver 1902, p. 176). No obstante, debemos anotar que actualmente una geometría no euclidiana, una variedad de Riemann, resulta más conveniente que la euclidiana para ciertas situaciones físicas o fenómenos en el dominio de la teoría general de la relatividad. Desde luego, esto acota el alcance de la anterior tesis de Poincaré de que la geometría euclidiana es la geometría más simple que se adecúa a los fenómenos, a lo que acontece en el mundo físico.

Existe una noción de ‘definición’, la definición nominal, que considera a las definiciones como estipulaciones lingüísticas convencionales, por ejemplo, del uso de ciertos términos del lenguaje natural o de símbolos matemáticos. En el ámbito de la filosofía analítica, ese género de convencionalismo semántico se considera arbitrario y trivial, aunque inocuo porque la convención de usar los términos de cierta manera podría modificarse a voluntad (por ejemplo, la notación en el lenguaje de la lógica de primer orden, donde encontramos formulaciones en notaciones diferentes de los mismos axiomas). El convencionalismo geométrico de Poincaré difiere de ese convencionalismo puesto que la elección de las convenciones no es arbitraria, y menos trivial, pues atiende a determinados rasgos objetivos de la situación física. Similarmente a la

elección de una unidad de medida de distancia, por ejemplo, la elección entre kilómetros o longitudes de onda para medir distancias responde a la situación objetiva en cuestión. En general, la elección de una geometría equivale a elegir un modo de articular los hechos de la manera más apropiada en función de la situación física, objetiva. La elección de una teoría geométrica, pues, no es arbitraria, como arguye Giedymin: “Nuestra libertad de adoptar una geometría particular hace convencional a la geometría pero no arbitraria; una elección razonable de convención es conformada tanto por la experiencia como por valores metodológicos.” (1982, p. 63).

En nuestro parecer, la razón más fuerte en contra de considerar a los axiomas geométricos como definiciones arbitrarias consiste en que, en la concepción de Poincaré, los axiomas definen las entidades que conforman el dominio de la teoría geométrica en consideración; si uno cambia de axiomas, de geometría, las entidades en cuestión, los objetos geométricos ideales, cambian con ello. Esto no es arbitrario ni trivial. No es una cuestión como el cambio de notación en lógica, que no tiene ninguna consecuencia más allá de la simplicidad en la formulación de los axiomas. Una vez decidida cierta geometría, los *relata* de los axiomas y teoremas están definidos, es decir, las clases de objetos ideales de la geometría adoptada están caracterizadas y delimitadas.

§3. Modelos idealizados

En la literatura actual de la filosofía de la ciencia se encuentran, al menos, dos conceptos diferentes de modelo. Por un lado, está el concepto lógico elaborado por Tarski (1953) de una estructura matemática (o conjuntista) que satisface los axiomas de una teoría, en el sentido de que estos resultan verdaderos interpretados en tal estructura. Se dice entonces que una estructura M es un modelo de la teoría T bajo la interpretación I . Tarski propuso este concepto en el campo de las teorías matemáticas cuyos dominios son, generalmente, sistemas numéricos. Si bien, desde su formulación original, las teorías matemáticas tienen asociado un modelo estándar, en el caso de la aritmética único, en otros casos hay lugar a abstraer la interpretación asumida implícitamente de los conceptos involucrados en los axiomas, y dotarlos de otra interpretación en un dominio diferente, obteniéndose un modelo distinto (piénsese en la teoría de grupos interpretada en el dominio de los números naturales o en el de los números enteros).

Suppes (1960) extrapolo este concepto lógico de modelo al campo de las teorías físicas, proponiendo a su vez (Suppes, 1967) una concepción de teoría

física como una familia de clases de modelos (concepción semántica), en lugar de un sistema de enunciados nómicos (concepción sintáctica). La tesis central de Suppes sobre los modelos consiste en que “[...] el concepto de modelo usado por los lógicos matemáticos es el concepto fundamental y básico de modelo requerido para una enunciación exacta de cualquier rama de la ciencia empírica.” (1960, p. 17).

Por el otro lado, tenemos el concepto menos preciso de modelo en el sentido amplio que lo usan los físicos. En una elaboración de ese concepto debida a Bailer-Jones, leemos que:

Un modelo es una descripción interpretativa de un fenómeno que facilita el acceso al fenómeno (‘fenómeno’ refiere a ‘cosas que acontecen’). Las interpretaciones descriptivas pueden descansar, por ejemplo, en idealizaciones o simplificaciones [...] Ellos [los modelos] descansan a menudo en ideas y conceptos abstractos, frecuentemente empleando un formalismo matemático (como el modelo de la gran explosión, por ejemplo), pero siempre con la intención de proveer acceso a aspectos del fenómeno que se consideran esenciales. (2009, pp. 1-2).

Aunque ambos conceptos de modelo son diferentes, comparten la idea de que ciertas ecuaciones o fórmulas matemáticas entran en juego bajo ciertas interpretaciones. El concepto lógico transpuesto a la física vincula por medio de una interpretación, obtenida con la concurrencia de leyes especiales, a una estructura matemática, conjuntista, con las leyes fundamentales de una teoría. El segundo, llamémosle el concepto físico, relaciona ecuaciones matemáticas, con base en descripciones interpretativas, con procesos que acontecen en sistemas físicos. Si consideramos que tales ecuaciones corresponden a las leyes de la teoría física en cuestión, ambos conceptos tienen en común que apelan a leyes teóricas. Podemos decir que en los dos casos se recurre a ecuaciones o fórmulas matemáticas que expresan, físicamente interpretadas de alguna manera, las leyes de una teoría. Aunque con el concepto lógico, las leyes se interpretan en una estructura conjuntista que, si son satisfechas, se considera un modelo de la teoría en cuestión, mientras que en el concepto físico las leyes son parte del modelo que se relacionan a través de una descripción interpretativa con el fenómeno bajo estudio.

Posiblemente, ambos conceptos lógico y físico de modelo sean compatibles, e incluso complementarios; sin embargo, no exploraremos esa posibilidad aquí porque el concepto físico es el que resulta apropiado para nuestros propósitos presentes. Lo que sostiene Suppes (1960) al respecto es que el significado del concepto lógico de modelo es el fundamental tanto en las matemáticas como

en las ciencias empíricas, la diferencia reside en que el uso de ese concepto es diferente en las ciencias empíricas.

El anterior concepto de modelo elaborado por Bailer-Jones acierta en destacar que los modelos son interpretaciones de los sistemas y procesos físicos (o fenómenos, si se prefiere), que recurren a idealizaciones o a simplificaciones, involucrando conceptos abstractos y, por último, que la intención es siempre permitir acceso a los aspectos esenciales de los fenómenos.

Intentaré ahora aclarar los conceptos de idealización y abstracción que entran en juego en este contexto.² El concepto principal pertinente de idealización corresponde a lo que generalmente se considera como idealización galileana:

El término ‘idealización’ mismo es más bien vago. Lo tomaré como significando una simplificación deliberada de algo complicado (una situación, un concepto, etc.) en vista de alcanzar al menos una comprensión parcial de esa cosa. Puede involucrar una distorsión del original o puede simplemente significar dejar a un lado algunos componentes de un complejo para concentrarse en lo mejor de los restantes.” (McMullin, 1985, p. 248).

A su vez, el concepto de abstracción relevante aquí es el de Aristóteles:

[...] me gustaría reservar la palabra ‘abstracción’ para designar una noción más bien aristotélica, donde ‘abstracción’ significa ‘eliminar’ o ‘substraer’. Para Aristóteles, empezamos con un complejo particular concreto con todas sus propiedades. Lo despojamos —en nuestra imaginación— de todo que es irrelevante con aquello que nos concierne al momento para concentrarnos en una única propiedad o conjunto de propiedades, ‘como si estuviesen separadas’. (Cartwright, 1989, p. 197).

Para abundar podemos anotar dos conceptos de idealización del análisis debido a de Donato, los cuales parecen corresponder a la abstracción aristotélica y a la idealización galileana, respectivamente:

1. Selección de los parámetros relevantes: ningún sistema está realmente aislado del resto del mundo, pero un gran número de variables haría la investigación imposible, a menos que negligamos la influencia de algunas de ellas. Por ejemplo, en la ley del péndulo, no tenemos en cuenta la posición de la luna y en la ley de la caída libre de los

² Hay varias propuestas de caracterización de los procesos de idealización, entre otras las debidas a McMullin (1985), Nowak (1992), Liu (2004), de Donato (2011), Rolleri (2013) y de abstracción por parte de Cartwright (1983), Chakravartty (2001) y Portides (2005)

cuerpos omitimos la resistencia del aire.

2. Simplificaciones introducidas en los parámetros relevantes, como cuando estudiamos el movimiento de los satélites y hacemos la suposición ideal que la superficie de la Tierra es perfectamente esférica y que la densidad en su interior es constante. (2011, pp. 68-69).

Planetas perfectamente esféricos, cuerpos en caída libre sin resistencia, péndulos sin fricción, cuerpos materiales cuyas masas están concentradas en puntos inextensos, cuerpos inerciales libres de aceleración, esferas perfectamente elásticas, cuerpos rígidos, osciladores armónicos e, incluso, el subsistema Sol-Tierra-Luna son casos de sistemas idealizados, de *idealizaciones* en sistemas clásicos, que se realizan una vez que se han seleccionado por *abstracción* parámetros o magnitudes como son la estructura geométrica de los planetas, la aceleración de los cuerpos en caída libre, la masa de los cuerpos materiales, la rigidez, la elasticidad, etcétera, como relevantes para los sistemas bajo estudio. En algunos casos podemos decir que el sistema se ha simplificado, como cuando se substraen la resistencia del aire, en otros casos es más propio decir que el sistema se ha distorsionado, como cuando suponemos una estructura perfectamente esférica de la Tierra. Aunque en todos los casos, podemos decir que relativamente al marco teórico de la física clásica son suposiciones irrealistas, algunas de las cuales no se cumplen nunca en los hechos.

Podemos distinguir dos tipos de suposiciones irrealistas.³ Primero, las suposiciones que consisten en distorsionar, intencionalmente o no, el sistema físico bajo estudio por medio de un proceso de idealización. Un caso ejemplar es la idealización de los cuerpos clásicos como partículas inextensas en las que se concentra la masa. Segundo, aquellas suposiciones que consisten en substraer alguna magnitud que interviene en el proceso físico bajo estudio. Caso ejemplar de esto es la omisión de la resistencia del medio en la caída libre de un cuerpo mediante un proceso de abstracción. Desde luego, ambos procedimientos, idealización y abstracción, no se excluyen sino al contrario en ocasiones se complementan como en la idealización de los cuerpos clásicos como partículas puntuales que requiere la selección de la masa, en contraste al volumen, como la magnitud relevante y, con ello, la substracción de la extensión de los cuerpos materiales. Tal vez podamos decir que, en el caso de

³ Puesto que no podemos asumir que poseemos un conocimiento de cómo son realmente nuestros objetos de estudio, las selecciones, simplificaciones, omisiones, distorsiones, etcétera, que los físicos hagan para construir un modelo o formular una ley están constreñidas al conocimiento disponible o, mejor, a la forma en que los físicos conceptualizan los objetos de estudio en consideración relativamente al marco teórico disponible que adoptan o que construyen.

las idealizaciones, las suposiciones irrealistas son propiamente contrafácticas puesto que nunca se dan en los hechos, mientras que en el caso de las abstracciones las suposiciones irrealistas son sólo contra-actuales, en el sentido de que son contrarias a lo que efectivamente acontece. Las distorsiones debidas a procesos de idealización son suposiciones irrealistas en un sentido fuerte: su eliminación conllevaría una repercusión teórica, la cual puede o bien modificar, e incluso, trastocar las leyes o ecuaciones de la teoría o bien requerir de un cambio teórico con el reemplazo de las leyes o ecuaciones. Por ello, las suposiciones idealizantes resultan, desde la perspectiva de las leyes de la teoría en consideración, ser contrafácticas, contrarias a lo que es posible que acontezca. En cambio, las substracciones resultantes de procesos de abstracción son suposiciones cuya eliminación es compatible con la teoría; es más, en general, la inclusión de una magnitud previamente omitida mejora la descripción del sistema o proceso bajo estudio. Así este tipo de suposiciones no son contrafácticas sino solamente contrarias a la intervención efectiva de ciertas magnitudes presentes en el proceso físico en consideración.⁴

Podemos ver que, por ejemplo, McMullin no separa los conceptos de idealización y abstracción en el pasaje antes citado, donde él escribe con respecto a la idealización galileana: ‘Puede involucrar una *distorsión* del original o puede simplemente significar *dejar a un lado* algunos componentes de un complejo...’ La importancia de la distinción que he delineado resalta en el modelo del átomo de hidrógeno de Bohr, caso paradigmático de idealización, que el propio McMullin expone claramente.

Originalmente Bohr lo elaboró para dar cuenta de los patrones espectroscópicos de las frecuencias de la luz emitida por hidrogeno calentado. Bohr supuso la configuración más simple: el protón en estado de reposo y el electrón orbitando circularmente alrededor de aquél, omitiendo inintencionadamente el efecto relativista debido a la rapidez del movimiento del electrón. En este modelo las magnitudes relevantes seleccionadas son energía, masa y carga eléctrica —tomando en cuenta la masa del electrón, pero no la del protón—, distorsionando las órbitas elípticas del electrón y el movimiento del protón alrededor del centro de gravedad común a ambos. Las suposiciones irrealistas explícitas son, al menos, que el núcleo del átomo permanece en reposo y que la órbita del electrón es circular. Éste es, así, un modelo idealizado que se cumple únicamente en un átomo de hidrógeno ideal, el cual es un constructo teórico, abstracto.

⁴ En Rolleri (2013) se elabora con más detalle esta distinción entre suposiciones contrafácticas y contra-actuales.

Como McMullin (1985) señala, esas suposiciones se pueden remover ‘desidealizando’ el modelo. Primero, se asigna cierta cantidad de masa al protón y se agrega un pequeño movimiento del mismo alrededor del centro de gravedad del sistema, desechando así la previa suposición que se encuentra en estado de reposo. Además, se admiten órbitas elípticas, en lugar de las circulares, para el electrón con respecto del centro de gravedad. Esto permite agregar un factor de corrección a la fórmula espectral del hidrógeno que consiste en la razón de las masas del electrón y el protón. Con ello se mejora el modelo, encontrándose aplicaciones nuevas cuando el hidrógeno está sujeto a un intenso campo eléctrico. La eliminación de ese par de suposiciones irrealistas, contra-actuales, repercute en un cambio en la fórmula espectral en cuestión, ampliando su campo de aplicación. Con respecto al efecto relativista, omitido de manera no deliberada, se agregó posteriormente otra corrección a la fórmula serial para dar cuenta de la dependencia relativista de la masa del electrón de su velocidad, que desvía las series enteras por una pequeña cantidad, con lo cual se modificó de nuevo la fórmula original. Una suposición adicional de ese modelo consistió en que el electrón tiene una trayectoria clásica definida en los estados estacionarios. Ahora se considera que esa suposición es contrafáctica porque las descripciones que da la teoría cuántica de esas trayectorias son en términos de nubes de probabilidades de densidad alrededor del núcleo. No es mi intención afirmar que el actual modelo cuántico del átomo de hidrógeno, y demás elementos, sea definitivo y veraz. No lo sé, solo es el vigente al momento. Solamente desde una posición realista uno podría decir que esos modelos cuánticos se aproximan a la verdad, que son verosímiles o algo así.

De lo anterior podemos ver que el modelo original de Bohr descansó en varias suposiciones irrealistas, contrafácticas o contra-actuales. Ese modelo fue modificado, de hecho, reemplazado por un modelo cuántico que al igual que su predecesor tiene un carácter idealizado y abstracto por lo que sólo se cumple en sistemas ideales. Desde una posición conceptualista, como opuesta a una posición realista, podemos decir que el modelo original de Bohr ofreció una conceptualización, desde la perspectiva de la física clásica, del átomo de hidrógeno, la cual fue substituida por una nueva conceptualización en el marco de la física cuántica. Lo que me interesa destacar es que ambos modelos son constructos teóricos, que involucran ciertas fórmulas o ecuaciones matemáticas, con los cuales se conceptualizan *idealizadamente* de cierto modo a ciertos tipos de entidades físicas, proporcionándonos un acceso a las mismas para llevar a cabo contrastaciones experimentales de sus predicciones.

En buena medida, de manera consistente con el material previamente

expuesto sobre los modelos físicos, desde una posición conceptualista acerca de las teorías físicas, podemos destacar que (i) los modelos físicos son constructos teóricos, de ahí su estatus ontológico es el de entidades abstractas; (ii) los modelos físicos se construyen, principalmente, por medio de los procesos de idealización y abstracción; (iii) los físicos al elaborar un modelo como un constructo teórico lo proveen de una interpretación estándar o intencional, de tal manera que están dotados de contenido factual desde que son propuestos; (iv) los modelos físicos nos permiten conceptualizar de cierto modo los sistemas físicos a la vez que las leyes teóricas asociadas pretenden explicar los procesos que ellos sufren, relativamente a la teoría en consideración; (v) conjuntamente, de los modelos y las leyes se extraen predicciones de posibles procesos físicos, las cuales pueden someterse a prueba experimental; (vi) los modelos no admiten valores de verdad, no son verdaderos ni falsos, aunque nos ofrecen un modo de comprender y, eventualmente, explicar lo que acontece en el mundo físico dentro del dominio de la teoría.

§4. Leyes e idealizaciones

Ahora bien, siguiendo el razonamiento de Poincaré con respecto a los axiomas geométricos consideraré si las leyes básicas de la física son necesariamente verdaderas, por un lado, así como, si son generalizaciones empíricas que pueden comprobarse con base en la experiencia científica, observaciones y experimentos, por otro lado.

Las concepciones de las leyes físicas, ampliamente adoptadas, como enunciados universales de forma condicional que o bien son verdaderos con necesidad⁵ o bien sólo expresan regularidades empíricas —adoptado por los empiristas lógicos, entre otros—, no encuentran soporte en el orden de ideas hasta aquí expuesto sobre las idealizaciones en física. Esas concepciones no toman en cuenta, como veremos, que las leyes fundamentales —por ejemplo, la segunda ley de Newton, la ecuación de Schrödinger— (i) no son propiamente enunciados sino esquemas de enunciados expresados por ecuaciones matemáticas; (ii) que contienen conceptos abstractos que adquieren contenido factual una vez que son aunadas con alguna ley especial que las complementan, especificando, por ejemplo, el tipo de fuerza o la configuración de energía; (iii) que, como hemos insistido aquí, descansan en suposiciones irrealistas,

⁵ Aunque con diferencias substanciales, los siguientes filósofos, entre muchos otros, comparten la tesis de que las leyes tienen o deben tener un carácter necesario: Armstrong (1983), Dretske (1977), Swoyer (1982), Shoemaker (1998) y Bird (2005).

idealizantes, que son en un sentido relevante contrafácticas o contra-actuales, por lo que sólo se cumplen en sistemas ideales.

Esas concepciones de las leyes científicas han recibido sólidas críticas, como son las de van Fraassen (1991) y de Woodward (1992), por lo que, en lugar de argumentar en contra de ellas, expondremos una concepción alternativa que toma en cuenta los anteriores rasgos de las leyes físicas fundamentales.

Kuhn avanzó la tesis de que las leyes fundamentales de la física son esquemas de enunciados cuando afirmó que las leyes físicas básicas, las “generalizaciones simbólicas”, son más bien esbozos o esquemas de leyes en lugar que enunciados de leyes. La segunda ley de Newton, en particular, adopta diferentes formas en función de la especificación del género de fuerza involucrada. Por ejemplo, $f = ma$ se convierte en $mg = d^2s/dt^2$ para los cuerpos en caída libre, y en $mg \sin\theta = -ml d^2\theta/dt^2$ para el péndulo simple, y así sucesivamente (ver 1970, p. 188).

Siguiendo este orden de ideas de Kuhn, Moulines ha ofrecido un examen de la segunda ley de Newton. Él analiza la forma lógica del concepto de fuerza newtoniano el cual corresponde a una función de tuplas de funciones, llamada ‘funcional’, y no una función de variables individuales, cuyos argumentos son valores de otros parámetros –parámetros como coordenadas espaciales, instantes, velocidades, masas, cargas eléctricas. Por ello, una formulación matemática completa de dicha ley incluye varios cuantificadores existenciales, uno por cada parámetro, y un cuantificador existencial de segundo orden para el funcional ‘fuerza’. Moulines concluye acertadamente que por ello la segunda ley es un esquema general que es empíricamente irrestricto e inmune a la refutación (ver Moulines, 1982, caps. 2.3 y 2.5).

Woodward también ha sostenido una tesis semejante a la de Kuhn con respecto a la ecuación de Schrödinger, cuando arguye que: “Considere otro ejemplo típico de ley fundamental de la naturaleza: la ecuación de Schrödinger. Esta ley es, en una variedad de maneras, extremadamente general y abstracta. Si queremos usarla para analizar algún sistema específico [...] debemos hacer varias suposiciones adicionales, mucho más específicas, para lograr la aplicabilidad de la ley.” (Woodward, 1992, p. 195). La tarea principal a hacer para aplicar aproximativamente la ecuación de Schrödinger a un sistema físico consiste en elegir un hamiltoniano apropiado para el sistema, ya que esta ecuación es como un esquema general que debe ser especificada de varias maneras para producir descripciones de sistemas reales (ver Woodward, 1992, p. 195). Aún más, para conseguir algunos enunciados con un contenido físico específico y concreto de la ecuación de Schrödinger, Woodward anota que:

“debemos también hacer varias otras asunciones, que usualmente involucran elementos ampliamente simplificadores e idealizaciones, acerca de las condiciones iniciales y límites.” (1992, p. 195).

Cartwright (1983) mantiene una tesis similar a la Woodward con respecto a la misma ecuación de Schrödinger. Ella dice que las leyes teóricas de la física no se aplican directamente a procesos físicos, ni a través de argumentos deductivos ni por otros medios, y así rechaza que las leyes teóricas pudieran ser verdaderas en un sentido factual, verdaderas en correspondencia con los hechos. Ahí ella sostiene que las leyes, generalizaciones *ceteris paribus*, como la ley de la gravitación universal, se aplican sólo a situaciones ideales, no así a objetos del mundo real (ver 1983, p. 58). Cartwright insiste en que “Las leyes científicas básicas no describen literalmente el comportamiento de los sistemas reales. Éstas deben ser consideradas más bien como aserciones abstractas.” (1989, p. 203). Para aplicar la ecuación de Schrödinger a sistemas físicos uno tiene que proceder agregando un hamiltoniano específico apropiado H , que designa la energía total del sistema, de la lista disponible proveída por la teoría: hamiltonianos para del átomo de hidrógeno, para el oscilador armónico, etc. (1989, p. 205). De esa manera, sostiene ella, la ecuación de Schrödinger $H\phi = -i\hbar\partial\phi/\partial t$, la ley fundamental de la mecánica cuántica, es usada para obtener modelos como los básicos: la dispersión potencial central, la interacción de Coulomb, el oscilador armónico y la energía cinética (ver Cartwright, 1989, p. 205). Sin embargo, para Cartwright, lo que uno obtiene por medio de ese procedimiento de especificación son leyes aplicables sólo a modelos abstractos, no a objetos reales. Sin que importe, ella arguye, cuanto avancemos en el procedimiento de especificación, nunca llegaremos a ser capaces de describir los sistemas individuales concretos: “[...] no importa cuán abierta y larga sea la lista, este género de proceso nunca resultará en incluso una descripción aproximadamente correcta de cualquier cosa concreta. Porque el punto final de la concretización autorizada por una teoría es siempre una ley verdadera sólo en un modelo.” (Cartwright, 1989, p. 207).

Considero que el examen anterior de leyes fundamentales como la segunda ley de Newton y la ecuación de Schrödinger muestra de manera indirecta que la concepción de las leyes naturales como enunciados necesariamente verdaderos no es apropiada para tales leyes de la física. Primero, porque no son enunciados sino esquemas de enunciados. Segundo, porque no podemos afirmar de ellas que sean verdaderas o falsas, no podemos atribuirles valores de verdad. Tercero, porque no hay sustento alguno para afirmar que esas leyes aseveran cómo es el mundo de manera necesaria, que no pueda concebirse el mundo de manera distinta a lo que afirman esas leyes, puesto que no hacen ninguna afirmación

específica sobre algún sistema concreto del mundo; por ello, no podemos atribuir a esas leyes un carácter necesario. Así, pues, las leyes básicas de la física no son enunciados verdaderos ni necesarios.

Las idealizaciones que se integran en los modelos que los físicos construyen de los sistemas y procesos físicos si bien son compatibles con el marco conceptual de la teoría y están vinculadas con algunas condiciones realistas que cuentan con cierto sustento experimental, son construcciones teóricas que se adoptan libremente puesto que no poseen un carácter necesario ni están determinadas por la experiencia. Podemos atribuir un *estatus convencional* a las idealizaciones físicas ya que son suposiciones irrealistas que resultan convenientes para lograr conceptualizar de cierto modo el mundo físico.

Si abstraemos la interpretación estándar de los conceptos físicos de la que son dotados por los físicos desde su formulación original, como lo hicieron los empiristas lógicos, podemos proceder como los lógicos para sugerir las siguientes correlaciones que se complementan:

Teoría geométrica G

Axiomas y teoremas geométricos

↑ *Relación de satisfacción* ↑

Modelos geométricos de objetos ideales

↓ *Interpretación física* ↓

Especificación de sistemas físicos a los que se les atribuyen cierta estructura geométrica

↓ *Resultado* ↓

Conceptualización de los sistemas físicos dotados de una estructura geométrica de acuerdo con G

Teoría física T

Leyes físicas (ecuaciones matemáticas)

↑ *Relación de satisfacción* ↑

Modelos físicos de entidades idealizadas

↓ *Interpretación física* ↓

Especificación de sistemas físicos a los que se les atribuyen cierta evolución o cambio de estado

↓ *Resultado* ↓

Conceptualización de las transformaciones de los sistemas físicos relativamente a T.

Por supuesto, en la medida en que ambas teorías G y T, o modelos de ellas, precisan de una interpretación física, se requieren mutuamente para

conceptualizar los procesos físicos en el campo de una disciplina física, como es el caso de la geometría euclidiana y la mecánica newtoniana.⁶ En otras palabras, la interpretación física de un (tipo de) modelo de T se lleva a cabo bajo un (tipo de) modelo de G. Al respecto, Ben-Menamen destaca como una tesis de Poincaré que la geometría aplicada (física, experimental) es una síntesis de geometría y física (ver 2006, p. 63).

Lo anterior podría significar que las *convenciones* permean tanto la conceptualización de la estructura geométrica del espacio en donde acontece un proceso físico como la conceptualización del proceso mismo mediante un modelo, aplicando algunas de las leyes de la teoría física en cuestión.

§5. Convencionalismo en física

La concepción convencionalista de Poincaré de los principios físicos se opone a la concepción de que sean enunciados universales que expresan regularidades empíricas que puedan encontrar comprobación en la experiencia. Él arguye que, en primer lugar, cualquier ley particular es sólo aproximada puesto que es deducida de verificaciones experimentales y éstas no son sino aproximadas, nunca exactas. En segundo lugar, la formulación de las leyes siempre será incompleta porque no comprenden todas las condiciones en que pudieran cumplirse en los hechos (en concordancia con la anterior tesis de Cartwright); si fuese posible enunciar todas esas condiciones, la ley sería inaplicable porque habría baja probabilidad de que acontecieran todas ellas (ver Poincaré, 1905, p. 340). Por esas razones, él concluye que toda ley será siempre aproximada y probable, adoptando la siguiente forma: “Si tales o cuales condiciones son realizadas es probable que tal fenómeno se producirá aproximadamente.” (1905, pp. 341-342). Si tenemos en cuenta que dentro de esas condiciones de formulación, en el caso de las leyes fundamentales, están incluidas suposiciones irrealistas, contrafácticas, la tesis se fortalece: nunca acontece el fenómeno en cuestión de la manera en que las leyes lo predicen; sólo en los sistemas idealizados las leyes se cumplen, en los sistemas físicos sólo obtendremos predicciones probables y aproximadas, como Poincaré sostiene. Entonces del hecho de que los físicos teóricos suponen condiciones idealizadas que incorporan tanto a la formulación de las leyes básicas como a la construcción de los modelos asociados, se desprende la plausibilidad de que ellas sean *convencionales*.

⁶ Está más allá del propósito de este escrito la cuestión, que surge en este contexto, sobre la estructura del espacio físico con respecto a la teoría general de la relatividad y el espacio-tiempo de Minkowski.

Posiblemente porque no pueden sustentarse con base en la experiencia, Poincaré elevó el estatus de las leyes físicas a principios convencionales. Ben-Menahem apunta esa tesis convencionalista en física como sigue: “[...] las convenciones fundamentales de la mecánica, y los experimentos que nos prueban que ellas son convenientes, ciertamente refieren a los mismos objetos u objetos análogos. Los principios convencionales y generales son las generalizaciones directas y naturales de principios experimentales y particulares.” (2006, p. 62). Esta tesis responde a la cuestión de que los experimentos no pueden probar que los enunciados nómicos sean verdaderos, sino solamente podrían probar que unos son más convenientes que otros. En breve: los experimentos no prueban la verdad de las hipótesis, sólo su conveniencia. De ahí que principios generales como la ley de inercia, el principio de Hamilton, los principios de conservación e incluso el principio de relatividad de Lorentz sean considerados por Poincaré con estatus convencional: resulta que son los más convenientes en las aplicaciones físicas de la mecánica que cualquier otra ley especial o hipótesis particular (ver Giedymin, 1982, p. 3).

Entonces, como en geometría, en física las leyes básicas ni son enunciados *a priori* ni pueden fundamentarse en la experiencia; ni son necesarias ni empíricas sino *convenciones*.

Considero que el carácter idealizado de las leyes y modelos físicos, de nuevo, apuntala la tesis convencionalista de Poincaré en física. Principios físicos como la ley de la inercia, la segunda ley de Newton y la ecuación de Schrödinger no están sujetos a la comprobación o refutación experimental (en concordancia con la tesis de Moulines). Su aplicación, como hemos visto, requiere que sean físicamente interpretados, especificando los parámetros relevantes con el concurso de leyes especiales y, junto con ello, eliminando algunas de las suposiciones contra-actuales asumidas previamente. Lo anterior permite que en conjunción con otras leyes más específicas, desde el marco conceptual de una teoría, puedan aplicarse tales principios a sistemas concretos particulares, siempre de manera probable y aproximada. Sin embargo, este procedimiento no estaría exento de idealizaciones si es que, por un lado, hay suposiciones contrafácticas ineliminables, y, por otro lado, no es posible prescindir de todas las suposiciones contra-actuales puesto que no podemos contemplar todas las condiciones presentes en sistemas concretos particulares, como arguyen Poincaré y Cartwright.

Si esto es así, tenemos en las teorías físicas suposiciones idealizadas irreductibles, lo cual es crucial puesto que en la medida en que las leyes teóricas estén impregnadas de idealizaciones, y que éstas fuesen ineliminables a favor de

suposiciones realistas, no contrafácticas, la irresolución de ellas por la experiencia permanecería en principio, no habría experiencias posibles a las cuales se redujeran.

Quizá, podamos concluir que en la medida en que las leyes físicas descansan en idealizaciones, éstas están involucradas desde la formulación de las leyes (ecuaciones matemáticas) que asumen implícitamente supuestos irrealistas –sean contrafácticos o contra-actuales– de manera convencional. Podríamos decir que los modelos exhiben las idealizaciones implícitas, y quizá encubiertas, de las leyes en su formulación matemática o que las leyes encubren las idealizaciones tácitas, que se adoptan convencionalmente, cuyos *relata* son entidades abstractas, ideales.

Desde el enfoque conceptualista aquí adoptado, podemos decir que asumimos las idealizaciones físicas de manera convencional puesto que nos permiten conceptualizar los sistemas físicos de cierto modo, comprender cómo evolucionan, se transforman o cambian de estado y, eventualmente, explicar esos procesos que sufren de acuerdo con las leyes relevantes, desde la perspectiva de la teoría en cuestión. Puesto que las suposiciones idealizadas no tienen carácter necesario ni están determinadas por la experiencia, podemos decir con Poincaré, que son *convencionales*, que las adoptamos por resultar convenientes para conceptualizar el mundo físico, comprenderlo de cierto modo y, quizá, explicarlo.

REFERENCIAS

- Armstrong, David M. (1983). *What is a Law of nature?* Cambridge: Cambridge University Press.
- Bailer-Jones, Daniela M. (2009). *Scientific Models in Philosophy of Science* Pittsburg: Pittsburg University Press.
- Ben-Menahem, Yemina (2006). *Conventionalism* Cambridge: Cambridge University Press.
- Bird, Alexander (2005). "The Dispositional Conception of Laws". *Foundations of Science* 10, pp. 353-370.
- Cartwright, Nancy (1983). *How the Laws of Physics Lie* Oxford: Clarendon Press.
- Cartwright, Nancy (1989). *Nature's Capacities and their Measurement*. Oxford: Oxford University Press.
- Chakravartty, Anjan (2001). "The Semantic or Model-Theoretic View of Theories and Scientific Realism". *Synthese* 127, pp. 325-345.
- De Donato Rodríguez, Xavier (2011). "Idealization within a Structuralist Perspective". *Metatheoria* 1(2), pp. 65-90.
- Dretske, Fred (1977). Laws of Nature. *Philosophy of Science* 44(2), pp. 248-268.
- Giedymin, Jerzy (1982). *Science and Convention*. Oxford: Pergamon Press.
- Kuhn, Thomas S. (1970). *La estructura de las revoluciones científicas*. 2ª. ed., trad. Carlos Solís, México: Fondo de Cultura Económica.
- Liu, Chuang (2004). "Laws and Models in a Theory of Idealization". *Synthese* 138, pp. 363-385.
- McMullin, Ernan (1985). "Galilean Idealization". *Studies in the History and Philosophy of Science* 16(3), pp. 247-273.
- Nowak, Leszek (1992). "The Idealizational Approach to Science: A Survey". *Idealization: Approximation and Truth*. Eds. J. Brzezinski & L. Nowak. Amsterdam/Atlanta: Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and Humanities, Vol. 25. Pp. 9-63.
- Moulines, C. Ulises (1982). *Exploraciones metacientíficas*. Madrid: Alianza Universidad.
- Poincaré, Henri (1902). "Non-Euclidean Geometries and the Non-Euclidean World". *Readings in the Philosophy of Science* Eds. H. Feigl & M. Brodbeck (1953). New York: Appleton-Century-Crofts. Extractos de los capítulos III y V de *Science and Hypothesis*. Trad. G. B. Halsted. 1953, pp. 171-180.

- Poincaré, Henri (1905). *The Value of Science*, Trad. G. B. Halsted, Cambridge: Cambridge University Press, 1913.
- Portides, Demetris P. (2005). “A Theory of Scientific Model Construction: The Conceptual Process of Abstraction and Concretisation”, *Foundations of Science* 10, pp. 67-88.
- Rolleri, José Luis (2013). “Idealized Laws and Explanatory Models”. *Teorema*, XXXII(2), pp. 5-27.
- Rolleri, José Luis (2021). “Realismo *versus* conceptualismo”, *Disputatio Philosophical Research Bulletin* 10, no. 16, pp. 27-46.
- Reichenbach, Hans (1928). *The Philosophy of Space and Time* Trad. M. Reichenbach & J. Freund. New York: Dover, 1958.
- Shoemaker, Sidney (1998). “Causal and Metaphysics Necessity”. *Pacific Philosophical Quarterly* 79, pp. 59-77.
- Suppes, Patrick (1960). “A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences”. *Synthese* 12, pp. 287-301.
- Suppes, Patrick (1967). “What is a Scientific Theory?” *Philosophy of Science Today*. Ed. S. Morgenbesser. New York: Basic Books, pp. 55-67.
- Swoyer, Chris (1982). “The Nature of Natural Laws”. *Australian Journal of Philosophy* 60, pp. 203-223.
- Tarski, Alfred (1953). “A General Method in Proofs of Undecidability”. *Undecidable Theories*. Ed. A. Tarski *et al.* Amsterdam: North-Holland, pp. 1-35.
- Van Fraassen, Bas (1991). *Laws and Symmetry*. Oxford: Oxford University Press.
- Woodward, James (1982). “Realism about Laws”. *Erkenntnis* 36, pp. 181-218.



The Conventional Status of Idealizations in Physical Theories

The objective of this paper consists in to propose and try to support the thesis that the idealizations in the field of physics have a conventional status. In order to get that, I pursue, to some extent, Poincaré’s reasoning about the conventional status of the diverse geometries, Euclidean and no-euclidean, to give an argumentation in favor of that the idealized suppositions on which rest both laws formulation and model construction have neither a necessary character nor an empirical basis: instead, they are conventions. That is, the unrealistic, counterfactual, suppositions in physics are adopted since they are convenient in order to obtain a conceptualization in certain mode of systems and processes, relatively to the physical theory in question. This proposal finds support in the thesis that there are idealizations which are neither removed by realistic suppositions nor reducible to experience.

Keywords: Poincaré · Physical law · Model · Unrealistic supposition · Counterfactual condition.

El estatus convencional de las idealizaciones en teorías físicas

El objetivo de este escrito consiste en proponer e intentar sustentar la tesis de que las idealizaciones en el campo de la física tienen un estatus convencional. Para ello, prosigo, hasta cierto punto, el razonamiento de Poincaré sobre el estatus convencional de las diversas geometrías, euclidiana y no euclidianas, argumentando que las suposiciones idealizantes sobre las que descansan tanto la formulación de las leyes como la construcción de modelos de las teorías físicas no tienen un carácter necesario ni un apoyo en la experiencia, más bien son convenciones. Es decir, las suposiciones irrealistas, contrafácticas, en física se adoptan por resultar convenientes para conceptualizar de cierto modo sistemas y procesos, relativamente a la teoría física en cuestión. Esta propuesta encuentra soporte en la tesis de que hay idealizaciones que no son eliminables a favor de suposiciones realistas ni reducibles a la experiencia.

Palabras Clave: Poincaré · Ley física · Modelo · Suposición irrealista · Condición contrafáctica.

JOSÉ LUIS ROLLERI es profesor de Filosofía de la ciencia en la Universidad Autónoma de Querétaro, México. Doctor [≈ PhD] en Filosofía por la Universidad Nacional Autónoma de México, México. Ha sido catedrático en varias universidades, como son: Universidad Michoacana, Universidad Autónoma Metropolitana y Universidad de Guadalajara. Su campo de trabajo e investigación es la filosofía de la ciencia. Ha publicado numerosos artículos en revistas como *Crítica*, *Diánoia*, *Mathesis*, *Signos filosóficos*, *Analogía filosófica*, *Ideas y valores*, *Praxis filosófica*, *Theoria*, *Teorema* y *Ágora*. Es autor de los libros: *Probabilidad, causalidad y explicación* (Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro, 2009); *Introducción a la Filosofía actual de la ciencia* (México: Fontamara, 2012) y *Modelos, idealizaciones y conceptualismo* (México: Colofón / Universidad Autónoma de Querétaro, 2016). **Contacto:** Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Filosofía, Calle 16 de Septiembre 57, Centro, 76000 Santiago de Querétaro, Qro., Mexico. e-mail (✉): jrolleri@yahoo.com · **iD:** <http://orcid.org/0000-0003-1445-2043>.

HISTORIA DEL ARTÍCULO | ARTICLE HISTORY

Recibido/Received: 25–April–2022; Aceptado/Accepted: 29–September–2023; Published Online: 30–September–2023

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO | HOW TO CITE THIS ARTICLE

Rolleri, José Luis (2023). «El estatus convencional de las idealizaciones en teorías físicas». *Disputatio. Philosophical Research Bulletin* 12, no. 25: pp. 105–125.

© Studia Humanitatis – Universidad de Salamanca 2023