

Stoa

Vol. 14, no. 27, 2023, pp. 89-107

ISSN 2007-1868

MODELOS Y TEORÍAS EN LAS CIENCIAS

Models and Theories in the Sciences

ÓSCAR FREDERIC TEIXIDÓ DURÁN

oscarburgo@hotmail.com

Universidad de Lleida

Orcid id: <https://orcid.org/0000-0001-8557-0894>

AGRADECIMIENTOS: Quedo muy agradecido por todos los comentarios y sugerencias que me han ofrecido mis amigos y compañeros: Gerardo Primero, Isaac Carcacia y Alejandro Vázquez, quienes me han asistido y han contribuido en mejorar la calidad al detalle del presente documento. También agradezco a Gustavo E. Romero sus respuestas a algunas de mis preguntas sobre su epistemología y sus proyectos filosóficos futuros.

RESUMEN: Existen conceptos clave en las diversas ciencias (ya sean formales, naturales, biosociales o sociales) como “teoría” o “modelo” que están aún hoy sujetos a un amplio debate epistemológico, i.e. desde la teoría del conocimiento, y centrada en el estudio del conocimiento científico en particular. Los científicos, pues, construyen y utilizan diferentes nociones que cargan tras de sí realmente con un exhaustivo debate extracientífico sobre su naturaleza. En este trabajo se ofrecerán algunas aclaraciones y propuestas formales de definición sobre tales nociones desde la filosofía de la ciencia del astrofísico y filósofo Gustavo Esteban Romero (G. E. Romero). En concreto se ensayarán unas definiciones formales de “teoría” y “modelo”, para las ciencias actuales (y otras disciplinas pasibles de su aplicación), y se contextualizarán estas ideas en el debate sobre la estructura y organización de los saberes científicos.

PALABRAS CLAVE: Teoría, modelo, ciencias, sistema, organización teórica, estructuralismo metateórico, epistemología, hipótesis indicadora.

Recibido el 15 de enero de 2022

Aceptado el 15 de junio de 2022

SUMMARY: There are key concepts in the diversity of sciences (whether sciences: formal, natural, biosocial or social) such as “theory” or “model” that are subject today to extensive epistemological debate, *i.e.* from the theory of knowledge, and centered on the study of scientific knowledge in particular. Scientists, then, construct and use different notions that actually carry an exhaustive extrascientific debate about their nature. This paper will offer some clarifications and formal proposals of such notions from the philosophy of science of the astrophysicist and philosopher Gustavo Esteban Romero (G. E. Romero). Specifically, some formal definitions of “theory” and “model” will be tested for current sciences (and other disciplines that can be applied), and these ideas will be contextualized in the debate on the structure and organization of scientific knowledge.

KEYWORDS: Theory, model, sciences, system, theoretical organization, metatheoretical structuralism, epistemology, indicator hypothesis.

1. Contexto

El título que encabeza este trabajo no es casual, hace referencia a la obra de J. Mosterín (Mosterín, 2000) sobre los conceptos y teorías en la ciencia moderna. Aunque se pueden encontrar otros libros en la misma línea, en tal escrito se resaltan de un modo rico y claro muchos de los fundamentos epistemológicos que se encuentran de un modo habitual en las ciencias y la actividad científica. Conceptos como teoría, medición, hipótesis, etc.

Los investigadores hablan de teorías constantemente: la teoría sintética evolutiva, la teoría de la relatividad general, la teoría del aprendizaje, la teoría química ácido-base, etc. Y con mucha frecuencia, también hablan de modelos: el modelo copernicano, el modelo de gases ideales, el modelo llave-cerradura de la enzimática, el modelo del átomo de Schrödinger, etc. Estos dos términos son, junto a “hipótesis”, “método”, “ley teórica” o “dato”, de los más manidos en epistemología. No es de extrañar, pues todos estos términos tienen sus raíces conceptuales en ideas muy generales del entendimiento y el mundo. Luego son ideas filosóficas, y por supuesto van más allá de la propia ciencia empírica o, mejor dicho, ciencia fáctica¹. Muchas veces en el ámbito popular, y también en la ciencia misma o en su divulgación, se usan modelo y teoría como intercambiables (por ejemplo:

¹ Se suele hablar de las ciencias sobre hechos como “empíricas” o relativas a fenómenos y observaciones *a posteriori*. Sin embargo, dado que es posible (y, de hecho, así sucede ordinariamente) desarrollar ciencia teórica que refiera a cosas, sucesos y procesos transempíricos o más allá de su experimentación directa, todavía sin ser directamente detectables/sensibles o empíricos –aunque sólo sea por un tiempo–, se encuentra más preciso hablar simplemente de las ciencias “de hechos” *i.e.* fácticas o factuales (tal y como denotan los habituales “fáctico” y “factual”, esto es, relativo a hechos o estados de cosas).

refiriendo a la interpretación de Copenhague en la física cuántica, teoría que interpreta pragmática y subjetivamente los resultados y ecuaciones en la microfísica –Romero, 2016–, véase el uso de “modelo Copenhague”, pág. 81, en: Torregrosa et al, 2016). Otras veces se intenta usar solo una u otra noción como si de por sí solas pudieran abarcar todos los posibles usos que tienen ambos términos —una táctica de corte reduccionista criticable, sea usada consciente o inconscientemente. Es debido a lo anterior que existe un largo debate sobre tales conceptos por su profundidad, su rol en la organización teórica de las ciencias –esto es, su peso clave en la construcción de los sistemas teóricos y saberes científicos–, y por un uso a menudo ambiguo (sin demérito a que existan otros factores que potencien tal temática filosófica, varios de ellos también históricos y sociales).

2. Aclaraciones terminológicas

Un proyecto epistemológico interesante para definir estas nociones cruciales se encuentra en la obra reciente del profesor G. E. Romero (Romero, 2018). Según este autor, se puede distinguir y entender tanto “teoría” como “modelo” en la actividad científica, de un modo semántico y sintáctico, logrando relacionar ambas nociones y derivando el modelo de la teoría. Aunque antes convendría diferenciar algunos usos impertinentes que se suelen asociar a “teoría” y “modelo” (recogidos también en: Mosterín, 2000, pp. 249-253). Se asumirá que, en efecto, modelo y teoría son términos que conviene discernir y clarificar, dado que aluden a ideas muy diversas y en esferas de uso tanto técnicas como ordinarias.

No se usará el término “modelo” en las siguientes acepciones;

- M1 : Modelo como cosa, objeto, evento u organismo al que refiere una representación cualquiera, artística o técnica (p. ej.: “la cesta de frutas y hortalizas es un buen modelo para el tipo de cuadro que quieres pintar”).
- M2 : Modelo como realización de un sistema formal en matemáticas o lógica (p. ej.: “para afrontar el presente problema usaremos un modelo del álgebra lineal”).

No se usará el término “teoría” en las siguientes acepciones;

- T1 : Teoría como una elucubración de alguien ante cierto evento curioso o sorprendente al que se intenta dar alguna explicación (p.

ej.: “mi teoría es que el vecino es bastante amable y por eso tiene tantas amistades”).

T2 : Teoría como especulación metafísica totalmente acientífica sobre las cosas o el cosmos (p. ej.: “la teoría universal de la cienciaología nos habla de la existencia de extraterrestres visitantes”).

T3 : Teoría como un concepto científico, o bien concepto técnico en general, sin un respaldo empírico y/o sin razones para ser tomado como verdadero en algún grado, sin estar probado (p. ej.: “que este insecto sea el enemigo natural de este otro insecto en un cultivo es sólo teoría aún”).

Sí se usará modelo en el sentido de ser una pieza teórica, *i.e.* parte de una teoría que permite entender objetos y procesos muy especializados en el seno de una investigación científica particular y, en concreto, permite manipular sistemas, recabar datos y predecir más datos al respecto (Bunge, 1972). Sí se usará teoría en el sentido de ser un sistema proposicional organizado, relacionado, y usado en ciencias para desarrollar, fomentar y explicar cosas (y sus propiedades, como sus leyes), sucesos y hechos especializados (Bunge, 1982). A partir de ahora se aludirá a ambos términos por estas acepciones más técnicas que, cómo se verá, a su vez podrán cobrar unos significados aún más detallados, de carácter también científico-formal e incluso extracientífico (en tecnologías y filosofía).

Ahora bien, es todavía evidente la vaguedad o ambigüedad que encierran estas nociones aún purgadas de acepciones irrelevantes o impertinentes al tema epistemológico presente. Debido a que aún falta precisar diferentes cuestiones como: ¿Qué significa “parte de una teoría”? ¿Qué se quiere decir con “organizar” y relacionar proposiciones? Es por ello que se ofrecen las siguientes definiciones más someras (*) de teoría y modelo:

M3 (= M*): Un modelo es un sistema conceptual con referentes tanto empíricos como fácticos –véase la nota 1–, que reúne hipótesis y supuestos de varias teorías para representar y/o manipular el mecanismo (*i.e.* una colección de procesos) de un objeto o evento, o las series de tales objetos y eventos que sean similares.

T4 (= T*): Una teoría fáctica es un sistema conceptual hipotético-deductivo, con referentes tan sólo fácticos o que al menos se pre-

sumen existentes fácticamente, que conecta lógicamente –i.e. de forma deductiva– los enunciados que explican y representan un dominio de cosas (y sus propiedades; leyes ante todo) y procesos.

3. Propuesta epistemológica

Estas nociones pueden volverse exactas si se formalizan siguiendo a G. E. Romero en [1] y [2] (Romero, 2018, p. 60), de la teoría al modelo (para captar mejor su desarrollo), y si se toma \vdash como la relación de implicación lógica, se tienen así las cuádruplas T^* y M^* :

$$T^* = \langle P, Q, R, \vdash \rangle [1]$$

En donde:

- Las proposiciones P es el conjunto de proposiciones de T^* : los conceptos fácticos expresados en fórmulas bien formadas que componen la teoría particular.
- Los predicados Q son rasgos de las cosas que son caracterizados en T^* : atributos de proposiciones que representan las propiedades de los objetos estudiados.
- El dominio o clase de referencia R es la colección de cosas y procesos de T^* : todos los elementos (y sus rasgos o propiedades) que son referidos por la teoría.

$$M^* = \langle D, F, I, S \rangle [2]$$

En donde:

- El dominio D es la clase de referencia de M^* : conjunto de todas las cosas y/o procesos fácticos que ocurran (o así se postule), y a los que se haga referencia.
- El formalismo F es el conjunto de fórmulas formales que hay en M^* : las lógicas y/o matemáticas aplicadas o asumidas para representar elementos en D .
- La interpretación I es el conjunto de funciones parciales en M^* : funciones de F aplicadas al conjunto potencia de D , i.e. asigna fórmulas de F a las cosas en D .

- Las suposiciones S son los supuestos que hay en M^* : el conjunto de asunciones y datos empíricos ya recabados en el modelo sobre los objetos fácticos en D .

Luego, si se continúa con este trabajo de G. E. Romero en epistemología, se puede afirmar que un modelo fáctico, antes que matematizar el mundo, matematiza las ideas y esquemas que refieren a la realidad por los constructos científicos –aunque cómo se verá también, puede trasladarse a la filosofía o a la tecnología aparte de las ciencias–. Debido a lo anterior, por lo tanto, no se matematizaría la realidad de suyo o *per se*, y aún menos se podría situar a las matemáticas *in re* en la realidad misma. Al no dar entidad propia a objetos formales como los sistemas lógicos o matemáticos, se puede afirmar existe un compromiso materialista (Ferrater, 1999; Romero, 2022). Este compromiso aceptado no podría ser de otra manera debido a la vertebración existente en las ciencias actuales (Quintanilla, 2021): estas suelen partir de principios ontológicos como el realismo, el determinismo o el materialismo, aún si son asumidos de un modo minimalista i.e. sin asumir detalles que sean propios de la discusión filosófica.

Además, si se retorna al punto del uso de formalismos, se clarifica ideas al utilizar un formalismo tácito, aún si no es explícito: así, la parasitología tiene modelos que dan por bien supuesta a la lógica proposicional y a la teoría de conjuntos, pero no siempre estas se formalizan simbólicamente –ni se necesita, al menos no en general y hoy por hoy–.

No obstante, también hay ciertas suposiciones ideales y convencionales en los modelos. Al fin y al cabo no dejan de ser sistemas simbólicos con ciertos elementos arbitrarios o simplemente consensuados, y con posibles equivalencias tanto formales como empíricas, todas con más o menos defectos en representar aproximadamente –y siempre sólo de un modo tentativo, falible– la realidad (Box, 1979). Lo anterior sucede porque los conceptos se utilizan para construir y reconstruir (e intervenir en) la realidad, luego “modelo” y “realidad” tienen categorías ontológicas distintas; no pueden ser equivalentes o idénticos.

También, en la definición de modelo antes presentada, se puede observar que el modelaje de procesos y cosas de distinta índole y en diferentes aspectos (flujos de información, interacciones conductuales, partículas, modos de acción de herbicidas, etc.) implica la intervención de distintas

teorías científicas (ante todo para componer S). Estas teorías se pueden tomar incluso de disciplinas distintas, como ya se adelantó que suele ocurrir.

Por otro lado, y tras todo lo precedente, se puede definir también a la teoría científica fáctica o relativa a hechos como un contexto semántico cerrado bajo la operación de deducción lógica (Romero, 2018, p. 61). Las proposiciones relacionadas deductivamente están jerarquizadas en postulados/axiomas y derivaciones/teoremas, los últimos obtenidos por implicación de los axiomas (Hilbert, 1918). Estos axiomas se pueden dividir en tres clases, de nuevo, siguiendo a G. E. Romero (Romero, 2018, p. 61):

(I) Los axiomas formales o sintácticos: expresan los modos establecidos para relacionar y construir el formalismo de la teoría.

(II) Los axiomas semánticos: expresan las reglas de denotación (i.e. referencia de los iconos a los posibles hechos aludidos) de todos los símbolos de la teoría.

(III) Los axiomas nomológicos: expresan las propiedades legales, los patrones ontológicos existentes en las cosas o sistemas referidos por la teoría.

Luego, debido a la presencia de los axiomas del tipo (III) en una teoría de rigor, toda teoría científica genuina dispone entonces de enunciados legales que refieren a cosas y sistemas que existen (se postula) bajo ciertas leyes ontológicas (leyes de las cosas o sistemas en el mundo²). Se puede inferir entonces que una teoría en ciencias puede estar probada o tenerse todavía que probar o evaluar, dado que su grado de contrastación o su posible contrastabilidad son factores metodológicos, y las definiciones anteriores no reunían tales factores como necesarios para entender la noción de teoría o sistema teórico.

Aparte, es relevante remarcar que, dado un sistema teórico definido como en [1], se puede derivar de su cierre lógico bajo la operación de deducción la posibilidad de construir, por teorema, infinitas proposiciones, y dado que no todas las proposiciones van a poderse contrastar empíricamente, la teoría no puede tener un grado de verdad definido³ (aunque sí pueden compararse conjuntos de proposiciones con cierto grado de verdad en una

² No se entrará por ahora en el debate sobre si hay o no hay leyes ontológicas a representar por nuestras teorías. Se asume que sí es posible concebir esto (para más información, véase por ejemplo: Diéguez, 2020).

³ Para intentos probabilísticos de comparación entre teorías según su verosimilitud en las ciencias, aunque tampoco exentos de problemas lógicos y filosóficos, véase: Niiniluoto, 1987.

teoría respecto al de otro conjunto de proposiciones análogo en una teoría ajena, sobre un mismo dominio de estudio). Luego, conviene señalar que sólo los modelos pueden así llegar a validar empíricamente mejor o peor una teoría y sus hipótesis, debido a que la teoría es demasiado general y abstracta (en el sentido más estructural y lógico de abstracción) como para poder ser evaluada de forma empírica directamente. Y, por lo tanto, sólo los modelos pueden ayudar a asignar un grado de verdad definido –aún siempre un grado aproximado y temporal– a ciertas proposiciones de una teoría, proposiciones individuales.

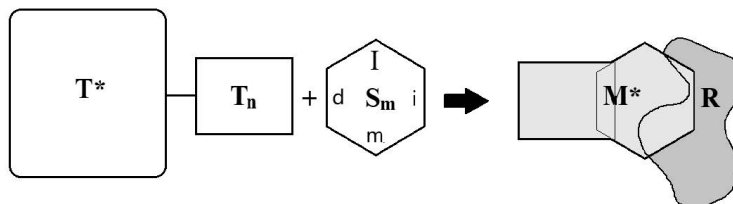
Respecto a la verdad en ciencias, en todo momento se asume que no hay verdades fácticas o de hecho que sean totales, sino graduales y aproximadas, por la falibilidad de todo saber y margen de error en toda medición (para una crítica formal a uno de dichos intentos en elucidar el concepto de verdad parcial, véase: Gracia, 2019). Pero la verdad asignada a teorías completas, no sólo a proposiciones individuales, funciona de un modo distinto al contener potencialmente una infinidad de proposiciones derivables: sólo puede realizarse de forma comparativa y cualitativa. Las evaluaciones sobre mejores teorías respecto a otras con unos mismos datos se realizarán entonces de forma tentativa, sugiriendo a lo sumo una mayor o menor veracidad. Siguiendo esto, el modo de justificar tal comparación teórica será mediante razones y argumentos abductivos acerca de virtudes epistémicas (Diéguez, 2001) antes que con inducciones, porque para tal comparación se tienen ya unos datos de base compartidos (y, a menos que se refinen tales datos o a menos que se logre una mayor precisión instrumental, no supondrían así una virtud teórica a ponderar).

Esto permite ver también un racioempirismo aceptado (Bunge, 2004, pp. 778-779): la decisión científica no se ejercería ulteriormente en el ámbito de la experiencia o de los datos, ni en el ámbito de la razón o la teorización, sino que, según contexto, el dato o la razón teórica tendrían la última palabra (aunque con rigor nunca sería última, sólo la última “hasta nuevo aviso”). Y siempre evaluando la consistencia lógica, tanto interna (su propia forma lógica) como externa (en relación a su congruencia con las demás teorías), de las teorías a considerar. Es por consideraciones epistemológicas generales como las comentadas, entre otros factores, que exponer el avance científico encierra complejidad.

En este punto, se puede entender por qué el modelo fáctico y científico se deriva, en cierto modo⁴, de diferentes teorías e hipótesis adicionales. De ahí el orden escogido para exponer ambas nociones. Esto es, se obtienen modelos a partir de la unión parcial de un cierto número de teorías ($T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$) y del conjunto particular de suposiciones específicas ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_m$) que suelen ser: datos límite, idealizaciones supuestas e hipótesis auxiliares (Romero, 2018, p. 61). Dentro de estas últimas se pueden encontrar: hipótesis indicadoras, instrumentales o metodológicas sobre la conducta operacional (Bueno, 2013) a implementar en cierta prueba empírica, etc. Por esto, en la comparación semántica de una teoría respecto a un modelo de aquella, la clase de referencia siempre va a decrecer. Así pues, y recordando las notaciones anteriores junto a \wedge como la conjunción lógica y \cup como la unión de conjuntos, se obtiene (Romero, 2018, p. 61):

$$(T_1 \wedge T_2 \wedge T_3 \wedge \dots \wedge T_n) \cup (S_1 \wedge S_2 \wedge S_3 \wedge \dots \wedge S_m) \vdash M^*.$$

Y también es por tal motivo que un modelo puede realizar predicciones y tener un mayor contacto con la realidad directa, mientras que una teoría no (Fig. 1): igual a cómo sucedía en el caso de los datos brindados para apoyar una teoría, esta es demasiado general. La teoría requiere un cierto recorte en su universalidad y a su vez un mayor enriquecimiento con hipótesis auxiliares concretas y asunciones muy diversas para permitir el contacto empírico directo y la manipulabilidad (de ahí parte el éxito del modelaje en tecnologías actuales, al elaborarse predominantemente con modelos científicos). Especial mención merece el caso de las hipótesis indicadoras (Bunge, 2007), anteriormente citadas.



⁴ En cierto modo porque no es una derivación estricta, deductiva, del modelo a través de la teoría; sino que más bien el modelo se constituye por, y se justifica racionalmente, en distintas piezas teóricas.

Figura 1: Ilustración del proceso teórico total y su modelaje en la investigación empírica, según G. E. Romero. Un sistema teórico por sí sólo no trabaja de modo directo y empírico con la realidad. Se recuerda la simbología: T^* = teoría fáctica en el sentido de representación rigurosa usado en el artículo, M^* = modelo fáctico en el sentido empírico y de manipulación usado en el artículo, T_n = piezas tomadas de al menos una teoría, S_m = suposiciones específicas, I = hipótesis indicadoras. Se agrega: m = hipótesis metodológicas, d = datos límite, i = idealizaciones, R = realidad o entidad real. La tonalidad de colores muestra el mayor contacto cualitativo con la realidad, de más claro (más abstracto) a más oscuro (más material). Elaboración propia.

Una hipótesis indicadora I es una hipótesis bajo la forma $f(x)$ de $I = f(O)$: es decir, un observable de algún tipo O que indica una propiedad transempírica I (un rasgo más allá de la experimentación directa), en cierta relación con lo observable, del cual es función por hipótesis. Por ejemplo, para exponer la existencia de plantas indicadoras de salinidad se puede decir que el conjunto de todas las plantas halófilas (*i.e.* vegetales que viven en zonas con salinidad y la toleran) forman parte de O (entonces $O = V_h$, donde V_h = colección de vegetales halófilos), mientras que I sería aquí la salinidad del suelo en un terreno o cultivo (luego $I = S$, donde S = propiedad de salinidad en el suelo). Obtenemos que $S = f(V_h)$. Es decir, se puede saber si probablemente existe una cantidad considerable de salinidad en un suelo si se observa la presencia de halófilas. Y esto se debe a que, hasta ahora, se tiene la fértil hipótesis de relacionar vegetales halófilos con esta propiedad (Kumari, 2015) –en una disposición formal particular que debería expresar la función⁵–.

Ya finalizando la exposición de la concepción de G. E. Romero acerca de las teorías y modelos científicos, faltaría explicar la compleja dinámica existente entre las distintas teorías (Bunge, 2004), que puede sintetizarse de la siguiente forma: por un lado, los sistemas teóricos pueden formar ellos mismos parte de teorías mayores, y por otro existen relaciones externas entre distintas teorías (a veces mutuamente excluyentes).

⁵ Sin embargo, se podrían añadir más factores además de V_h , pues no sólo se trata la presencia de vegetales halófilos: también se puede evaluar si un terreno es muy salino por la detección de cristales solidificados en el mismo suelo, o por la textura de cristales salinos sobre las hojas de ciertas plantas (exudados en gotas de agua), hallando la inflamación de los tejidos en otros vegetales, etc. Es decir, sin ser necesario, el dominio de la función S bien podría abastecer bastantes más factores observacionales que solo los de V_h .

En primer lugar, una subteoría se puede definir como una parte de una teoría. La teoría de la que es parte sería, a su vez, una teoría científica antes que un fragmento arbitrario. Por lo tanto: una teoría T_1 es una subteoría de T_2 si y sólo si T_1 es una auténtica T^* y si $T_2 \vdash T_1$ (Romero, 2018, p. 62) (y para completar, en adición al trabajo de G. E. Romero, también si y sólo si: $\neg (T_1 \vdash T_2)$). Las teorías genuinas no cuentan con suposiciones particulares, por lo que una subteoría nunca es un modelo aunque se le pudiera parecer (esto puede explicar parte de las confusiones comunes y científicas entre modelo y teoría).

Además, como todas las proposiciones de la subteoría pertenecen a la teoría mayor pero no a la inversa, una subteoría no tiene por qué contener una clase de referencia más pequeña que la teoría mayor ($T_1 \subseteq T_2$).

En segundo lugar, existen relaciones interteóricas que, según G. E. Romero, se pueden dividir básicamente en cuatro tipos distintos (Romero, 2018, p. 62):

- (a) Equivalencia teórica. Dos o más teorías tienen entre sí, empíricamente (en sus modelos y datos recabados) el mismo poder predictivo y manipulativo, así como también tienen el mismo contenido fáctico referido por sus proposiciones, pero estructurado en una diferente organización teórica.
- (b) Corrección o mejora teórica. Una teoría es la revisión de una o más teorías precedentes si la primera adopta un formalismo, instrumentos de medida, nuevos supuestos u otros rasgos que ayudan a hacer más precisa o fecunda la investigación con tales sistemas teóricos.
- (c) Reducción teórica. Una teoría explica o reduce a otra, o bien a varias, si la primera teoría es capaz de incorporar a la otra o a las otras teorías indicadas sin perder contenido fáctico o poder empírico, o bien no pierde el suficiente como para no poder llevar a cabo la reducción de sus alternativas (y usualmente, sí suele ganar con ello en poder y fecundidad).
- (d) Rivalidad teórica. Cómo se adelantó previamente, dos o más teorías acerca de unos mismos referentes fácticos y con iguales datos de apoyo, *ergo* igual dominio, tienen distinto contenido (y por ende, también organización o estructura teóricas distintas). Compara-

ciones argumentales, de poder empírico y consistencia así como de fecundidad, decidirán cuál de ellas puede ser tentativamente superior a sus alternativas (mayor veracidad, anteriormente aludida).

Cómo se viene exponiendo, toda teoría es general e intenta tener en su dominio de estudio una cierta universalización. Ahora bien, hay teorías más generales que otras, y teorías muy generales pueden subyacer a distintas teorías relativamente más particulares. Por lo que las primeras teorías generales pueden ser, por ende, más fundamentales a sus alternas más particulares.

Por último, además, una teoría genuina siempre referiría a hechos, estados de cosas reales (aún si ulteriormente no eran tales) y no a fenómenos o apariencias/experiencias (menos aún podrían manipularse dichas experiencias solas, y difícilmente servirían para cualquier fin práctico). Esto sucedería por lo ya explicado sobre la diferencia entre teoría y modelo; sólo el segundo puede incorporar datos y observaciones directas. Es más, incluso con los modelos recabando datos y observaciones, los últimos no pueden ser puras experiencias, vivencias o sensaciones subjetivas (i.e. *qualia*) referidas, sino que tales fenómenos deben sistematizarse, revisarse y correlacionarse a hechos objetivos para ser tales y poderse tener en consideración. Las teorías y modelos científicos, de rigor, sólo podrían referir a hechos o a procesos objetivos (Bunge, 2008), nunca a sensaciones, emociones y/o sentimientos⁶. Y aplicaría tanto en los axiomas⁷ como en sus teoremas. Esto, por supuesto, no excluye el teorizar la psicología con rigor, pero en último término las teorías psicológicas referirán a entidades reales y materiales –ya sean procesos de tipo neuronal, nervioso, motor y/o sociocultural– antes que a unas solas sensaciones introspectivas.

Luego, se asume de modo tácito un serio compromiso con alguna forma de realismo epistemológico, semántico y ontológico (Diéguez, 2010), sostenida tal tríada por la presunta continuidad de dichas suposiciones en

⁶ O al menos eso cabría pedir, intentar y esperar en una teoría fáctica y científica real, sin excluir que no siempre se puede satisfacer (existen ciertos sesgos y conflictos de intereses en las ciencias que pueden obstaculizar tales objetivos).

⁷ Hace falta destacar que los axiomas de una teoría no desempeñan, o no necesariamente, un rol dogmático: pueden ser a su vez hipótesis, e hipótesis que se tomen sólo como puntos de partida en la teoría dada, pero que se puedan obtener y justificar dentro de otras teorías precedentes. Toda teoría sería siempre revisable.

todas las ciencias fácticas (aunque en el caso particular del realismo epistemológico, no tiene por qué ser un realismo ingenuo o directo; Diéguez, 1998).

4. Desarrollos críticos

Cómo se ha ido señalando, la posición de G. E. Romero toma compromisos fuertes con el realismo y el materialismo científicos, incluso con el racioempirismo (entendido de un modo actualizado y no-kantiano). Se han esbozado también las razones para adquirir tales principios. Y al dar cuenta, esta posición, del significado de los conceptos de modelo y teoría, así como de su estructura lógica, se puede ubicar este trabajo tanto dentro de los sintácticos como de los semanticistas epistemológicos, por lo que el enfoque es pluralista, *i.e.* atiende a distintas dimensiones teóricas sin reducción (o sin ponderación excesiva) a lo puramente lógico o lo puramente semántico. Esta posición no es realmente novedosa, y continúa el proyecto de varios autores precedentes (Bunge, 1982; Rescher, 2000), pero adquiere algunos añadidos particulares y sigue preservando la claridad distintiva de los proyectos en esta misma línea de investigación. Además, al poner énfasis en su escritura formal, este proyecto tiene una posible fecundidad científica al ser fácilmente revisable y encajar con el lenguaje científico básico. De este modo se permite, junto a otros enfoques similares en el rasgo de la formalización (los proyectos del estructuralismo metateórico lo cumplen también), posibles axiomatizaciones generales y exactas de estas ideas que puedan aportar mayor sistematización tanto para encontrar anomalías teóricas como enriquecedores teoremas.

No obstante, empezando con las posibles críticas, la axiomatización es deseable pero insuficiente por sí sola: el rigor formal máximo garantiza la coherencia y consistencia, pero no garantiza necesariamente la verdad, o más bien, la mayor verdad (si bien puede a veces ser necesaria una teoría axiomática para alcanzar una mayor verdad, sin embargo y en general, es sólo deseable). Cabe comprender que se puede llegar a axiomatizar delirios lógico-matemáticamente y estos no serán fecundos ni tendrán relación alguna con la realidad, ni la prueba empírica de las ciencias (véase, por ejemplo: Kalliantas, 2020). Además y cómo ya se adelantaba, el proceder de un modo formal en la exposición de ideas epistemológicas, permitiendo su axiomatización más rigurosa, no es característico del sistema de G. E. Romero como puede verse en los trabajos del estructuralismo metateórico

(Sneed, 1971; Stegmüller y Wohlhueter, 1976; Balzer, Moulines y Sneed, 1987). Aunque sí puede ser más característico el modo de organización de conceptos epistemológicos que se ofrece, así como combinar esto con la atención prestada tanto a la semántica como a la lógica de las teorías (y en especial, de las teorías fácticas). Además, puede argumentarse que la axiomatización, y una que incluso fuera totalmente formal, al ser deseable ya cumple entonces un posible rol en esta posición, aún si es mínimo, y no hay pretensiones de llevar más lejos su importancia. Del mismo modo, cabría considerar que la originalidad es una virtud, pero no un valor necesario en un determinado aporte, y que tampoco se ha buscado innovar significativamente en este campo de estudio.

Por otro lado, se puede ver la necesidad de un mayor y más pormenorizado desarrollo de las ideas sobre teorías y modelos⁸, la articulación más general del sistema epistemológico trazado y las relaciones de modelo y teoría con otras nociones importantes como “ley” (en el sentido teórico), “instrumento” o “hecho”, a caballo entre la epistemología y la ontología general. Es cierto que existe un desarrollo de las teorías y modelos en sus relaciones con el “dato” y la demarcación de las ciencias (Romero, 2018, p. 62-63), pero faltaría profundizar más y tocar los otros puntos de interés, como la pragmática en la organización teórica o en un modelo –en el caso de trabajar más la parte operatoria e instrumental de la investigación científica–. Respecto a esto, se puede razonar que el desarrollo hacia otros aspectos teóricos y científicos es viable y algo que puede estar ya actualmente bajo trabajo (cómo se puede apreciar si se considera la nota de la presente página).

Aparte, algunos puntos de esta posición ameritan una mayor discusión y ampliar opciones relevantes: es el caso de la lista de los tipos de relaciones interteóricas de las teorías, que no parece ser una lista exhaustiva al no contemplar otros tipos de relación interteóricas. Revisar la literatura en historia de la ciencia y a filósofos de la ciencia precedentes con mucho trabajo en el ámbito de la historia de la ciencia (Lakatos, 1989), o bien acudir al trabajo de los estructuralistas metateóricos ya citados, puede ayudar a encontrar nuevas opciones pertinentes. Estas relaciones teóricas pueden

⁸ Cabe considerar que G. E. Romero ha expresado su intención en exponer y articular de un modo mayor y más actualizado estas nociones, conceptos y términos epistemológicos (correspondencia personal).

ser las siguientes, que se añadirían a la lista anterior (que se continuaría listando aquí desde (d) en el pasado apartado):

(e) Implicación teórica convergente. Dos o más teorías implican respectivamente y, cómo mínimo, una nueva teoría coherente que es relevante para la investigación tratada –sea esta fáctica o formal–.

(f) Apoyo teórico. Una o más teorías adoptan en sus respectivos sistemas algunos postulados y/o teoremas de una o más teorías alternas para ser más completas.

(g) Emergencia o cristalización teórica (Moulines, 2011). Una o más teorías se constituyen a partir de piezas teóricas de otros sistemas precedentes que se hayan encontrado con muchas dificultades y anomalías, obligando a su reemplazo.

Se puede señalar también que toda esta propuesta epistemológica no se agota en las ciencias fácticas y puede extenderse perfectamente a la ciencia formal, a la tecnología, y a disciplinas como la misma filosofía (es probable que esto también valga sin mayores matices para las posibles aplicaciones del estructuralismo metateórico).

Relativo a la última disciplina, si se parte de cierto naturalismo epistemológico moderado (Diéguez, 2012), existiría una continuidad entre ciencias y filosofía que podría permitir trasladar las nociones de modelo y teoría al campo de la filosofía general y a la epistemología misma (el trabajo presente puede concebirse a su vez como una teoría en el sentido T^*). Aún si tal traslado pidiera introducir matices en los dominios de estudio R (incluir algunos objetos conceptuales) y D , así como en las suposiciones S , en el caso de modelos en filosofía (sin contener quizás hipótesis indicadores de forma empírica). Lo mismo acontecería para las tecnologías, entonces, dada su también patente continuidad con las ciencias, pero también nuevamente con la filosofía en su sentido normativo (la filosofía práctica o técnica: ética, axiología, metodología, etc.: Teixidó, 2021). También las ciencias formales (i.e. la matemática y la lógica) pueden verse nutridas con estos aportes en la estructura de sus sistemas conceptuales respectivos, si se cambia el dominio R de referentes fácticos y materiales por uno de entidades exclusiva y puramente formales, así como análogamente con D para los modelos M^* , y modificando a su vez las suposiciones S (no habría ni hipótesis auxiliares del tipo indicador al modo empírico, y no podrían existir tampoco datos límite genuinos o relativos a observaciones). Ahora

bien, sobre trasladar tales definiciones y relaciones a la filosofía general y a tecnologías, así como a las ciencias formales, puede replicarse que este es un punto compartido y que ya se ha tanteado o sugerido en varias ocasiones implementarlo; que no se ve obstáculos a que se apliquen estas nociones en tales campos de estudio, matizando las diferencias que puedan surgir entre disciplinas, pero conservando similitudes.

No obstante, y para finalizar, sí se encontrarían quizás reparos (Bunge, 2008, p. 208) en incluir aspectos instrumentales en la organización teórica misma (como en cambio sí se suele hacer habitualmente en los modelos). Pues la posición presentada en este trabajo separa objetos conceptuales de materiales de forma radical, y evita considerar en una teoría todas las hipótesis auxiliares y metodológicas que hacen falta para hablar del aspecto instrumental en las teorías. Por lo que puede replicarse que a la epistemología le corresponde o sobre todo le incumbe el trabajar con los conceptos y procesos de aprendizaje, mientras que a la metodología, como rama de la filosofía práctica, le corresponde sobre todo trabajar con normas e instrumentos de medida usados en los modelos y experimentos o pruebas particulares. De este modo las prescripciones, los aparatos operatorios y demás, deben mentarse y considerarse en epistemología en su rol respecto a las teorías científicas –como lógicamente se ha hecho hasta ahora–, pero sus usos particulares deben tener su lugar preciso de indagación en la metodología. En ningún caso incumbiría a la epistemología, la lógica o la semántica dar cuenta exhaustiva de tales instrumentos en las teorías fácticas (por ende, la pragmática de las teorías se trabajaría ante todo en la metodología).

5. Conclusiones

Las teorías y modelos son conceptos epistemológicos distintos, bastante centrales en ciencias –aunque también en filosofía o tecnología– y, entendidos estos en un sentido tanto sintáctico como semántico, pueden conformar una propuesta pluralista a considerar en el debate de la organización de las teorías y conocimientos científicos. Las teorías son amplias universalizaciones indispensables para entender la realidad pero que difícilmente pueden ponerse a prueba o evaluarse como verdaderas de un modo directo. Aún así, estas sí pueden contrastarse con la ayuda de modelos empíricos que, tomando distintos tipos de supuestos e hipótesis auxiliares, permiten

manipular la realidad material. Por ello, sólo los modelos pueden dar apoyo a enunciados teóricos particulares como verdaderos aproximadamente, así como permiten considerar la relativa veracidad de una teoría cuando compite con otros sistemas teóricos. Los trabajos de G. E. Romero apuntan en esta dirección y brindan exactitud a esta actual temática filosófica de un modo análogo al estructuralismo metateórico, ofreciendo ser fácilmente confrontados y revisados por su claridad. De tal manera, dichos trabajos permiten continuar esta estela de transparencia, en la propuesta aquí presentada, tanto de la semántica como de la lógica de las teorías y modelos. Además estas propuestas podrían proveer incluso de las bases para una posible axiomatización –aún si fuera parcial y sólo deseable– de la epistemología, centrada en las nociones de teoría, modelo, hipótesis, ley y demás términos científicos (y filosóficos).

La axiomatización de suyo no aporta un bien necesario a estas cuestiones, pero puede ser deseable para articular una teoría epistemológica exhaustiva y precisa. También puede requerirse una ampliación en la pluralidad de aspectos estudiados en la propuesta de G. E. Romero, hasta alcanzar la pragmática de las teorías (aunque este punto puede ser controversial). Sin embargo, irremediablemente se sugiere hacer un mayor desarrollo de estas ideas, que sea análogo al de los autores precedentes y coetáneos a G. E. Romero en epistemología. Finalmente, cabe situar de un modo preciso el lugar de este trabajo en el actual debate con el estructuralismo metateórico, el cuál cabe esperar que sea uno de sus mayores oponentes. De todos modos, se puede concluir que este es un aporte de posible fecundidad a considerar en los debates de la epistemología contemporánea.

Bibliografía

- Balzer, W., Moulines, C. y Sneed, J. (1987), *An architectonic for science. The Structuralist Program.*, Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Company. doi: 10.1007/978-94-009-3765-9
- Box, G. (1979), *Robustness in the strategy of science model building.*, Mathematics Research Center, University of Wisconsin-Madison.
- Bueno, G. (2013), *Science as Categorical Closures.*, Oviedo, España: Pentalfa Ediciones. 48.
- Bunge, M. (1972), *Teoría y Realidad.*, Barcelona: Ediciones Ariel. 39-52.
- , (1982), *Filosofía de la física.*, Barcelona: Editorial Ariel. 63.

- , (2004), *La investigación científica: su estrategia y su filosofía (3ª Ed.)*, Barcelona: Siglo XXI Editores. 394-456, 778-779.
- , (2007), *A la caza de la realidad.*, Barcelona: Gedisa Editorial. 80.
- , (2008), *Tratado de Filosofía: Semántica I, sentido y referencia.*, Barcelona: Editorial Gedisa. 146-149, 208.
- Diéguez, A. (1998), *Realismo científico Una introducción al debate actual en la filosofía de la ciencia.*, España, Málaga: Universidad de Málaga.
- , (2001), *Las explicaciones del éxito de la ciencia. Un análisis comparativo. Universalismos, Relativismos, Pluralismos, Thémata(27): 15 -29.*
<https://idus.us.es/handle/11441/27577?show=full>
- , (2010), *La evolución del conocimiento: de la mente animal a la mente humana.* Madrid: Biblioteca Nueva.
- , (2012), *La opción naturalista. Respuesta a Francisco Soler. Naturaleza y Libertad, número 1.* Link identificador: <http://hdl.handle.net/10630/5132>
- , (2020), *La relatividad conceptual y el problema de la verdad. Bases para un realismo ontológico moderado. Scientia in Verba Magazine, Nullius in Verba Editorial vol. 6: 105-120.* doi: 10.5281/zenodo.3842139
- Ferrater, M. (1999), *De la materia a la razón.*, Alianza Editorial.
- Gracia, A. (2019), *Sobre la axiomatización de la verdad parcial de Bunge-Romero. Nullius in Verba Site (repositorio web).*
- Hilbert, D. (1970), *Axiomatic Thinking. Philosophia Mathematica, Volume s1-7, Issue 1-2. P. 1–12.* doi: 10.1093/philmat/s1-7.1-2.1
- Kalliantas, D., Kallianta, M. y Karagianni, S. (2020), *RETRACTED ARTICLE: Homeopathy combat against coronavirus disease (Covid-19). Journal of Public Health, volume 29, 253.*
- Kumari, A., Das, P., Parida, A. y Agarwal, P. (2015), *Proteomics, metabolomics, and ionomics perspectives of salinity tolerance in halophytes. Front Plant Sci(6): 537.* doi: 10.3389/fpls.2015.00537
- Lakatos, I (1989), *La metodología de los programas de investigación científica.*, Madrid: Alianza Editorial.
- Mosterín, J. (2000), *Conceptos y teorías en la ciencia.*, Madrid: Alianza. 249-253
- Moulines, C. Ulises (2011), *Cuatro tipos de desarrollo teórico en las ciencias empíricas. Metatheoria, 1(2), 11-27.* Disponible en RIDAA-UNQ: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2551>
- Niiniluoto, I (1987), *Thuthlikeness. Dordrecht, Holanda: Syntese Library.*
- Quintanilla, M. A. (2021), *A favor de la razón (2ª Ed.)*, Pamplona, España: Laetoli Editorial. 49, 62, 101.
- Rescher, N. (2000), *Nature and understanding.*, Oxford: Oxford University Press.
- Romero, G.E. y Armengol, G.L. (2016), *Interpretation Misunderstandings about Elementary Quantum Mechanics. Metatheoria, 7(2), 55-60.* Disponible en RIDAA-UNQ: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2492>
- Romero, G. E. (2018), *Scientific Philosophy.*, Cham, Suiza: Springer. 60-63.

- Romero, G. E., Pérez, J. y Camprubí, L. (2022), *Contemporary Materialism: Its Ontology and Epistemology.*, Cham, Suiza: Springer Editorial.
- Sneed, J. (1971), *The logical structure of mathematical physics.*, Dordrecht, Holanda: Synthese Library.
- Stegmüller, W. y Wohlhueter, W. (1976), *The Structure and Dynamics of Theories.*, New York: Springer Science+Business Media.
- Teixidó, O. (2021), *Necesidades, valores y normas desde una filosofía científica. Universidad-Verdad, 1(78), 120–135.*
- Torregrosa, J., Savall, F., Domènech, J., Rey, A. y Rosa, S. (2016). *La enseñanza problematizada de la física cuántica en el nivel introductorio. Una propuesta fundamentada. Revista de Enseñanza de la Física(28) n° 2: 77-100. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/61007>*