

Los modelos de datos y su papel en las teorías científicas: La incrustación representacional en el estructuralismo empírico vs. la incrustación explicativa en el estructuralismo metateórico

*Data models and its role in scientific theories
Representational embedding in empirical structuralism vs.
explanatory embedding in metatheoretical structuralism*

JUAN MANUEL JARAMILLO U.*
Profesor Jubilado U. del Valle, Colombia.
Correo: jaramillo.juanmanuel@gmail.com

RECIBIDO EL 24 DE SEPTIEMBRE DE 2024, ACEPTADO EL 1 DE NOVIEMBRE DE 2024

RESUMEN ABSTRACT

En la filosofía contemporánea de la ciencia podemos destacar tres tipos de estructuralismos: (i) el *realismo estructural*, ya sea como *realismo estructural epistémico* o como *realismo estructural óntico*, (ii) el *estructuralismo empirista*, y (iii) el *estructuralismo metateórico*. En este escrito se hará una presentación y análisis comparativo del estructuralismo empirista de Bas van Fraassen (2008) y del estructuralismo metateórico de Joseph D. Sneed (1971) y de algunos otros, a fin de establecer sus semejanzas y diferencias tomando como base la distinción que introduce T. Bartelborth (1996) entre «incrustación representacional» e «incrustación explicativa», destacando el rol fundamental de los *modelos de datos* en las teorías científicas, como lo hizo P. Suppes (1992).

In the contemporary philosophy of science we can highlight three types of structuralism: (i) *structural realism*, either as *epistemic structural realism* or as *ontic structural realism*, (ii) *empiricist structuralism*, and (iii) *metatheoretical structuralism*. This paper presents and analyzes the empiricist structuralism of B. Van Fraassen (2008) and the metatheoretical structuralism of J. D. Sneed (1971) and others, in order to establish their similarities and differences based on T. Bartelborth's (1996) distinction between "representational embedding" and "explanatory embedding" and highlighting the fundamental role of *data models* in scientific theories, as P. Suppes did (1992).

PALABRAS CLAVE KEY WORDS

estructuralismo empirista, estructuralismo metateórico, incrustación representacional, incrustación explicativa, modelos de datos.

Empiricist Structuralism, Metatheoretical Structuralism, representational embedding, explanatory embedding, data models.

*  orcid.org/0000-0002-8156-2333



Introducción

Ilie Pârdu (2001) nos recuerda que una diferencia fundamental y novedosa entre las dos grandes formas de identificar las teorías, a saber, la *concepción sintáctica* propia del positivismo lógico que Putnam (1962) bautizó con el nombre de «concepción heredada» [*received view*] de la filosofía tradicional, estándar o clásica de la ciencia y la *concepción semántica* y/o *modelística*, radica en que, en esta última, la relación entre la teoría y los fenómenos no es directa, ya que, viene mediada por los modelos, si bien entre sus defensores no existe un consenso acerca de la naturaleza matemática de éstos. Así, mientras van Fraassen y F. Suppe los conciben como «puntos» o «trayectorias» en un espacio de estados o de fases cuya aplicación a las teorías físicas van Fraassen atribuye a Beth, otros, como Suppes y los estructuralistas metateóricos como Sneed, Balzer y Moulines, los conciben como estructuras conjuntistas o más exactamente como «especies de estructuras conjuntistas» a la manera de Bourbaki cuya aplicación a las teorías empíricas se debe a Suppes y colaboradores en la U. de Stanford. Por su parte, otro representante de la familia semanticista o modelística, R. Gire, propone una muy amplia y poco precisa concepción de *modelo* en la que incluye entidades no necesariamente lingüísticas como grafos, croquis, mapas, modelos de escala, de computación, etc. No obstante, aunque en esta familia semanticista no existe un consenso respecto de la noción de *modelo*, todos sus miembros comparten una misma estrategia general y una preferencia por determinada forma modelística de presentar y analizar los problemas relativos de la naturaleza estructural de las teorías científicas, así discrepen en tesis sustantivas filosóficas como las que tienen que ver con la misma noción de *modelo* o con la discusión realismo/antirrealismo, entre otras. Todos ellos presentan las teorías como clases o conjuntos de modelos y no como clases o conjuntos de enunciados, siendo los modelos componentes esenciales de la identidad de las teorías, junto con otros componentes.

En este escrito me ocuparé fundamentalmente de las relaciones entre el *estructuralismo empirista*, *EE*, que van Fraassen desarrolla en su libro *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective* (2008) y el *estructuralismo metateórico*, *EM*, expuesto en *The Logical Structure of Mathematical Physics* (1971) de Joseph D. Sneed, obra fundacional de esta corriente, aunque la presentación más sistemática, precisa, detallada y unificada

conceptualmente del *EM* se encuentra en *An Architectonic for Science: The structuralist program* (1987) de Balzer, Moulines y Sneed.¹

En el *EE* se mantienen las tesis básicas del *empirismo constructivo*, *EC*, presentadas por el mismo van Fraassen en *The Scientific Image* (1980) o, incluso, pocos años antes en varios artículos, como una alternativa más actualizada del *realismo científico*, *RC*, frente a tres cuestiones nodales: 1) el análisis de la explicación científica que lo llevó a proponer en el marco del *EC* una teoría (metateoría) pragmática de la explicación científica, si bien en el marco de la concepción heredada y no semántica y/o modelística como era de esperarse; 2) la relación de la teoría con el mundo, y 3) el significado de los enunciados de probabilidad cuando éstos hacen parte de una teoría física (cf. Van Fraassen, 1980, p. 5). Con la expresión *estructuralismo empirista*, *EE*, van Fraassen se propone destacar la estructura empírica de las teorías científicas en el marco de una *concepción representacional*, algo que comparte con otros representantes del representacionalismo en la filosofía contemporánea de la ciencia como F. Suppe y R. Gire que, como el mismo van Fraassen (2008) lo desarrolla, guarda una muy estrecha relación con la *Bildtheorie* [Teoría pictórica] de destacados físicos alemanes a fines del del siglo XIX, en especial, H. R. Hertz, considerado por A. N. Whitehead como «el filósofo de la ciencia más destacado del siglo XIX» y cuya defensa de la *Bildtheorie* en teorías de la física, en particular en su libro *The Principles of Mechanics* (1894), va tener un impacto notable en otros científicos alemanes contemporáneos como el médico y físico H. von Helmholtz y el físico L. E. Boltzmann, y Francia en el matemático H. Poincaré y el físico e historiador de la ciencia, P. Duhem, así como en Alemania el más grande matemático del siglo XIX y comienzos del XX, D. Hilbert, como lo destaca Gionannini (2012), al igual y en obras tempranas de tres de los más importantes filósofos del siglo XX como B. Russell en *The Problems of Philosophy* (1912) y en *The Analysis of Matter* (1927), R. Carnap en *Der Logische Aufbau der Welt* [La construcción lógica del Mundo] (1928) y en el *Tractatus Lógico-Philosophicus* (1921/22) de L. Wittgenstein quien lo cita tres veces en este libro. En todos ellos la *Bildtheorie* está presente de una u otra manera y lo que les interesa, apelando a esta teoría pictórica, es que las teorías representen la estructura abstracta relacional de los objetos, eventos o procesos y no,

¹ De este libro existe una traducción castellana titulada *Una arquitectónica para la ciencia. El programa estructuralista* realizada en la por la U. Tres de Febrero (Provincia de B. Aires: U. Tres de Febrero. 2012), realizada por Pablo Lorenzano.

como podría pensarse, la naturaleza de estos; tal estructura abstracta es lo que esos objetos, eventos o procesos tienen en común, lo que los convierte en precursores *avant la lettre* de al menos tres de las corrientes estructuralistas más importantes de la filosofía de la ciencia reciente:

1. El *realismo estructural*, *RE*, en sus dos formas advertidas por James Ladyman: el *realismo estructural* epistémico, *REE*, de John Worrall (1989) como respuesta a las críticas al *realismo científico*, *RC*, y, en particular, a los argumentos del no-milagro y de la meta-inducción pesimista de Laudan (1981, 1986), para afirmar que lo único que podemos *conocer* del mundo (incluyendo sus aspectos no observables) que se retienen a través de los cambios de las teorías (incluyendo sus cambios drásticos o «revolucionarios» como diría Kuhn), es la estructura del mundo inobservable expresada en ecuaciones matemáticas, y *realismo estructural óntico*, *REO*, de J. Ladyman (1998) y J. Ladyman y S. French (2014) quienes sostienen que todo lo que *existe* (particularmente en el nivel ontológico más fundamental) es la estructura y, con ella, la tesis metafísica de la continuidad de la forma o estructura, expresada matemáticamente, a través del cambio científico. En ese caso, además de J. Ladyman y de French hay que mencionar otros exponentes del ROS como J. Saatsi, E. Krauze y N. da Costa, entre otros.²
2. El *estructuralismo empírico*, *EE*, de van Fraassen (2008) expuesto en su libro *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*, como ya vimos.
3. El *estructuralismo metateórico*, *EM*, de J. D. Sneed (1971), ampliado y desarrollado por Wolfgang Balzer, C. Ulises Moulines y por él mismo Sneed en 1987, como ya se advirtió.³

² Aunque Wittgenstein aborda en el *Tractatus* el tema de las ciencias empíricas, específicamente, de la física, su objetivo en este libro es desarrollar una teoría pictórica del lenguaje en la que presupone un isomorfismo entre el lenguaje, como expresión del pensamiento, y el mundo entendido éste en el espacio lógico y, así, establecer aquello que se puede decir de aquello que solo se puede mostrar.

³ He destacado solo tres de los tipos de estructuralismo en la filosofía de la ciencia contemporánea, sin desconocer la existencia otros tipos de estructuralismos como el estructuralismo causal, disposicional, matemático, modal, informacional, etc. incluyendo, además, el llamado «estructuralismo francés» en las ciencias humanas y sociales. En algunos de ellos hay diferentes nociones de estructura y con diferentes tipos de estructuralismos asociados.

En este escrito focalizaré la atención en las dos últimas formas del estructuralismo en la filosofía de la ciencia contemporánea, el *EE* y el *EM*, tomando como base para esta comparación metateórica la diferencia que establece T. Bartelborth (1966) entre *subsunción* o *incrustación [embedding] representacional propia* del *EE* y la *subsunción* o *incrustación explicativa* del *EM* que M. Friedman (1981) resume en los siguientes términos:

Una característica típica y sorprendente de las ciencias avanzadas es el proceso de explicación teórica como la incrustación de ese fenómeno [*phenomenon*] en alguna estructura teórica más amplia, relativamente abstracta e inobservable" (p. 1, citado por Bartelborth, 1966, p. 31).

Lo que fundamentalmente diferencia al *EE* del *EM* es que en el primero el énfasis está puesto casi que exclusivamente en el aspecto *representacional* de las teorías científicas y no en su función *explicativo/predictiva*. En efecto, en van Fraassen (2008) no hay una teorización explícita de la explicación, algo de lo que sí se ocupó desde 1977 y cuya exposición sistemática aparece en *The Scientific Image* (1980), si bien, como ya lo advertí, esta se desarrolla en el marco de una concepción enunciativista y/o lingüística de las teorías científicas y no modelística y/o semántica de ellas. Con este modelo de explicación van Fraassen se propuso superar algunas de las dificultades del modelo nomológico-deductivo de explicación de K. Popper, de C.G. Hempel y de C.G. Hempel y P. Oppenheim y responder algunas de las objeciones formuladas a la teoría causal de explicación de Salmon. Van Fraassen busca dar respuesta a preguntas del tipo «por qué» en función de lo que él denomina «la clase contraste», destacando la pertinencia de ésta. El que la respuesta a preguntas del tipo «por qué» dependan del contexto y determinar qué aspectos son relevantes, hace que este modelo de explicación sea un auténtico modelo pragmático de explicación.

Sin embargo, en Fraassen (2008) no se encuentra una explícita referencia al tema de la explicación ni a los mecanismos que la hacen posible, algo que, considero, resulta explicable por su focalización preferencial y casi que exclusiva en la *función representacional* de las teorías científicas y por su férreo agnosticismo con respecto a la existencia de los referentes de los términos teóricos (las entidades inobservables). Como se sabe, los términos teóricos se refieren a entidades inobservables, sin embargo, ellos resultan indispensables en las explicaciones científicas, sin desconocer que, en la actualidad, este es un asunto contencioso, al menos para cierto tipo de explicaciones en biología.

Para el *EM*, en cambio, la explicación y, particularmente la explicación científica, al igual que la predicción, son dos objetivos teóricos fundamentales de toda investigación científica, de tal manera que se hace necesario proponer, en el marco de la concepción semanticista de las teorías científicas, una propuesta de explicación/predicción, en la que, como veremos, lo que se pretende es la *inserción* o *incrustación* de una “estructura de datos [*explanandum*] en un modelo teórico [*explanans*], algunos de cuyos componentes, precisamente los teóricos, pueden admitir una interpretación causal (cf. Moulines 2007, p. 8).

El estructuralismo empirista, EE, de Van Fraassen (2008) y la importancia de los modelos de datos en la incrustación representacional

A partir del 2008 van Fraassen expone lo que será su nueva propuesta metateórica en filosofía de la ciencia que bautiza con el nombre de «estructuralismo empirista» [*empiricist Structuralism*], *EE*. En ella precisa, revisa y abandona algunas de las tesis defendidas en su «empirismo constructivo», *EC*, si bien mantiene su convicción empirista y antirrealista.

El nuevo *EE* de van Fraassen (2008) responde al eslogan: “todo lo que la conocemos es la estructura”, algo en lo que, a primera vista, pareciera coincidir el *REE*, de Worrall. Sin embargo, mientras el *EE* se refiere al conocimiento de la estructura de objetos, eventos y procesos observables, el *REE* dice relación al conocimiento de la estructura de objetos, eventos o procesos inobservables.

Del eslogan del *EE* se desprenden dos tesis básicas:

- T_1 . “La ciencia representa los fenómenos empíricos como incrustables [*embeddable*] en ciertas estructuras abstractas (los *modelos teóricos*), y
 T_2 . Estas estructuras abstractas son descriptibles [representables] solo bajo isomorfismo” (Van Fraassen 2008, p. 238).

No obstante, frente a estas dos tesis se hace necesario realizar dos aclaraciones:

- i. Lo que realmente se «subsume» o «incrusta» no son directamente los «fenómenos observables», sino sus estructuras abstractas, en este caso, los *modelos de datos*, M_D o lo que el mismo van Fraassen llamará «*modelos de superficie*», M_S , que no son otra cosa que una forma refinada de los M_D de amplia aplicación en teorías como la mecánica cuántica QM . Tanto los unos como otros son estructuras matemáticas abstractas en el sentido contemporáneo de «lo matemático» que, como lo recuerda van Fraassen:

no se restringen a las tradicionales formas orientadas a los números; las estructuras matemáticas, como Weyl enfáticamente así lo señaló, no son distinguibles más allá de isomorfismo —conocer la estructura de un objeto matemático es conocer todo lo que hay que conocer” (p. 238).⁴

- ii. Como lo expresa reiteradamente van Fraassen, la incrustación se hace a una «parte del modelo teórico», M_T , que es precisamente la que corresponde a la *subestructura empírica* de M_T como resultado de recortar en el vocabulario del M_T los términos que van Fraassen denomina «teóricos» o «no observacionales», dentro de su controversial distinción epistémica, no metafísica, «teórico/observacional» que él mismo, en 1980, calificó de «antropocéntrica», dado que tiene que ver con nosotros en tanto organismos biológicos. De este modo, lo que es observable pasa a ser lo que es observable por *nosotros* o en palabras de este autor: “X es observable si hay circunstancias tales que, si X se nos presenta bajo esas circunstancias, entonces [nosotros] lo observamos” (*ibid.*, p. 16).

Para van Fraassen “[u]n modelo [como es el caso de los M_D] puede (ser usado) para representar los fenómenos [*phenomena*] de manera precisa solo si éste tiene una subestructura [empírica] isomórfica a este fenómeno” (Van Fraassen, 2008, p. 309). Sin embargo, de nuevo habría que advertir que tal isomorfismo (como ocurre con cualquier morfismo) únicamente se presenta entre estructuras abstractas y no entre estructuras abstractas y fenómenos. De nuevo, la función de isomorfía de la que habla van Fraassen solo podría darse entre la

⁴ Aquí se refiere al matemático francés André Weyl uno de los fundadores del grupo Bourbaki quien se destacó por sus contribuciones a la teoría de los números y a la geometría algebraica.

subestructura empírica de un M_T que solo es una «parte del M_T » y el M_D .⁵

El punto de partida de todo esto se remonta a van Fraassen (1980) o, quizás antes, cuando en su discusión con el RC, advirtió de manera taxativa que el objetivo de la ciencia no es “darnos, en sus teorías, una historia literalmente verdadera de cómo es el mundo; y [que] la aceptación de una teoría científica conlleva la creencia de que ella es verdadera” (p. 8). Como antirrealista sostuvo en su EC que “la ciencia se propone ofrecernos teorías que sean empíricamente adecuadas; y la aceptación de una teoría involucra como creencia solamente que ella es empíricamente adecuada” (p. 12). Esta misma tesis la va a reiterar en el EE de 2008. En el EC afirmaba que una teoría es «empíricamente adecuada» “si lo que dice acerca de las cosas y eventos observables en el mundo es verdadero” o como decía Duhem si “salva los fenómenos”, algo que van Fraassen (2008) en su EE corregirá al usar la expresión «salvar las apariencias», dado que los fenómenos [*phenomena*] y las apariencias [*appearances*] son dos cosas distintas, pues los fenómenos son las entidades observables (objetos, eventos o procesos), mientras que las apariencias son los contenidos de la observación o de los resultados de la medición” (Cf. Van Fraassen, 2008, p. 8).

Pero afirmar que lo que se proponen las teorías es «salvar las apariencias» en el sentido antes indicado podría llevar a pensar que su antirrealismo es instrumentalista. Sin embargo, como lo advierte Moulines (2012): “no es un ‘instrumentalista puro’, puesto que admite un sentido (lógicamente impecable) en el que se puede suponer que los modelos de una teoría son literalmente «verdaderos en relación con el mundo real»” (p. 127).

La definición de «adecuación empírica» que propone van Fraassen (1980) se da en el marco de una concepción semántica de las teorías que él describe como “una nueva imagen de las teorías” [*a new Picture of Theories*], pero en el 2008 la vincula, además, con la *Bildtheorie* [Teoría pictórica] a la que ya hemos hecho referencia, contrastándola con la concepción sintáctica de la filosofía de la ciencia de los positivistas lógicos, algo que, de algún modo, él mismo ya había barruntado en 1980 cuando escribió:

5 Si hay dos estructuras $A = \langle D, f_{1...f_n} \rangle$ y $B = \langle D', f'_{1...f} \rangle$ decimos que B es una subestructura de A , e.e., $A \subset B$ *sys.*: 1) Todos los elementos de D' lo son de D , e.e., $D' \subseteq D$, y 2) f'^* de B es una restricción o recorte de A , e.e. A y B no tienen en mismo tipo lógico.

Presentar una teoría es especificar una familia de estructuras, sus *modelos*; y, en segundo lugar, especificar ciertas partes de esos modelos (las *subestructuras empíricas*) como candidatos para la representación directa de fenómenos observables. Las estructuras que pueden ser descritas en informes experimentales y de medición las llamamos *apariencias* [*appearances*]; la teoría es empíricamente adecuada si tiene algún modelo tal que las apariencias son isomórficas a las subestructuras empíricas de ese modelo” (*ibid.*, p. 64).⁶

En este texto es necesario resaltar varias cosas:

- i. Que se hable de las «subestructuras empíricas» como candidatos para la representación directa de los fenómenos observables», cuando, en realidad son los M_D o los M_S , en tanto subestructuras empíricas, los que mediante la sistematización selectiva de la información que proporcionan los fenómenos observables, es decir, de los datos, van a permitir a un M_T representar adecuadamente los fenómenos cuando estos M_D o los M_S se incrustan en el M_T . Son estos datos sistematizados por los usuarios de las teorías, y no los datos «puros», los candidatos directos para la representación de la teoría, si bien, como lo señala Pérez (1985): “[n]o necesitamos creer, como los realistas, que uno de sus modelos representa fielmente al mundo” (*ibid.*, p. 9), pues las teorías solo nos dan imágenes incompletas y perspectivistas de fenómenos observables del mundo.
- ii. Lo que es observable no es una cuestión totalmente independiente de la teoría, pues, aunque van Fraassen reconoce que todo nuestro lenguaje está contaminado de teoría, en este texto de 1980 considera que existe un nivel de percepción *no contaminado*, que vendría a ser el nivel de lo observable, algo que a la luz de la tesis de la «carga teórica de la observación» de R.N. Hanson (1958) resulta problemático. Llama la atención que, tratándose de una *definición* modelo-teórica de «adecuación empírica», van Fraassen no se haga uso del bicondicional y solo establezca condiciones necesarias para la incrustación de la estructura de

⁶ En este texto, van Fraassen argumenta que es la existencia de una identidad o equivalencia estructural (*isomorfismo*) la que garantiza la correcta representación de los fenómenos por parte de la teoría; otros dirán —siguiendo a Platón— que es la *similaridad*, como es en el caso de Gire (2004) y, finalmente, otros —incluyendo al propio van Fraassen (2008) hablarán también de relaciones pragmáticas (cf. Boesch (2018): <http://www.iep.utm.edu/sci-repr/> y Suarez (2010). “Scientific Representation”. *Philosophy Compass* 5(1), pp. 91-101.

los fenómenos que Suarez (2005) llamará, de modo un tanto confundente, «estructura fenomenológica», en vez de hablar de M_D o de *modelos de superficie* M_S como habla Van Fraassen en forma más precisa.⁷ Con estas últimas estructuras relacionales se proporciona una representación selectiva e idealizada de los objetos, eventos o procesos observables del mundo y es con ellas como se obtiene la primera representación en el nivel más empírico, en circunstancias experimentales bien determinadas dado que, como lo precisa van Fraassen (2008): “[n]o existen cosas tales como la representación aparte de o independiente de nuestra práctica” (p. 249).

Este carácter abstracto, matemático si se quiere, de las representaciones, es para van Fraassen el primer paso necesario para responder a la pregunta más fundamental de cualquier concepción semántica o modelo-teórica de las teorías científicas: “¿Cómo puede una estructura matemática abstracta representar algo que no es abstracto, algo en la naturaleza?” (cf. Van Fraassen 2008, p. 240 y 2006, p. 540).⁸

Para responderla van Fraassen se detiene en las nociones de M_D o de M_S y en el modo como éstos se incrustan en un modelo teórico M_T . Cabe advertir que la noción de «modelo de datos», M_D , la toma de Suppes (1962) quien, siguiendo a Tarski, la define “como una realización posible en la cual se satisfacen todos los axiomas válidos de la teoría” (Suppes, 1988 [1962], p. 147). Por «realización posible» se entiende “una entidad con la estructura conjuntista apropiada” (*ibid.*). El aporte decisivo de Suppes respecto de la teoría de modelos de Tarski es, precisamente, el haber destacado la naturaleza *estructural relacional conjuntista* de los modelos, algo característico de la que se conoce como la «Escuela de Stanford» o «Escuela Conjuntista».⁹

⁷ La expresión «estructura fenomenológica» puede resultar un tanto confundente, ya que ella no tiene nada que ver con la fenomenología, como podría pensarse.

⁸ Una pregunta similar se planteará J.D. Sneed en su libro *The Logical Structure of Mathematical Physics* (1971) al buscar responder a la pregunta: ¿Cómo puede una teoría que ha sido descrita matemáticamente ser aplicada a fenómenos que no son matemáticos?. En palabras de Stegmüller (1979 [1981]): “La característica principal de Sneed tiene que ver precisamente con las relaciones entre las estructuras, descritas matemáticamente de las teorías y las ‘entidades exteriores’ que no son, por su parte, teorías” (p. 22).

⁹ Decimos que E es una estructura relacional conjuntista del tipo $k+m$ *syss.* existen D_1, \dots, D_k y f_1, \dots, f_m : tales que: 1) $E = \langle D_1, \dots, D_k, f_1, \dots, f_m \rangle$; 2) D_1, \dots, D_k son conjuntos $\neq \emptyset$, y 3) Para todo $i \in IN$ se cumple que f_i es una función y/o relación definida (tipificada) sobre D_1, \dots, D_k .

De ahora en adelante, la representación científica de que habla van Fraassen (2008) tiene que ver con la función de incrustación [*embedding*] representacional e de los M_D (o de los M_S) en un M_T . Formalmente $e: M_D \rightarrow M_T$. Esta *incrustación representacional* que el EE de van Fraassen se propone destacar es más general que la *incrustación explicativa* que propone el EM. Sin embargo, alguien podría objetar que en varios de los casos de teorías mencionados por van Fraassen (2008), como, por ejemplo, el de la incrustación del modelo de Kepler en el de Newton, la incrustación es explicativa y no meramente representacional. Sin embargo, lo que propongo en este escrito es que van Fraassen (2008) no es muy explícito al respecto y, cuando lo hace, solo se limita a afirmar que de lo que se trataría es de incrustar un M_D o un M_S en un modelo «más amplio» (la expresión que usa es «*a large model*») que es el M_T , dado que lo que fundamentalmente le interesa en este texto del 2008 es la *función representacional* de los modelos, ya sea del M_D o del M_S en el M_T cuya génesis está en la *Bildtheorie*. Más aún, en este texto van Fraassen, en el caso de la identidad de una teoría, solo menciona estos tres tipos de modelos: el M_D , el M_S y el M_T , algo que como veremos contrasta significativamente con la propuesta explicativa del EM donde entre los M_D o los M_S y el M_T es necesario, a efectos de la incrustación explicativa, pero también representacional, hablar, como lo hace el EM, de modelos potenciales, M_p , que resultan de extender los M_D o los M_S mediante la adición en ellos de funciones teóricas, a fin de establecer si ellos caen bajo M_T , e.e., si resultan subsumibles o explicables por el M_T . Sin esa extensión teórica, la incrustación representacional no es posible, como lo mostraré más adelante y no bastaría con decir que se simplemente se trataría de «incrustarlos en un modelo más amplio», pues si bien todo modelo potencial, M_p , puede estar en potencia de ser un modelo teórico M_T como dice el EM y ser, por tanto, un modelo M . Esto solo se da si el modelo potencial M_p del EE satisface todas las constricciones que establece la teoría T o, al menos, sus leyes.

A continuación, en la Fig. 1 presento gráficamente la incrustación representacional de van Fraassen que ilustra M. Suarez (2005), con algunas modificaciones.:

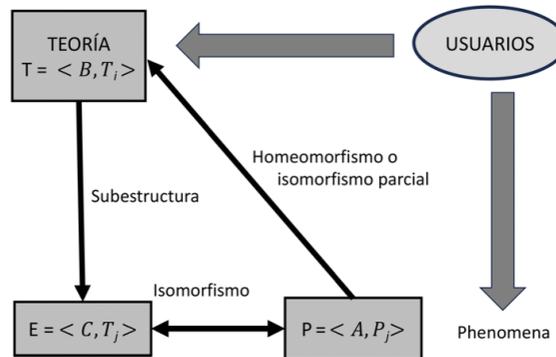


Fig. 1. Modelo de incrustación representacional de B. van Fraassen (2008), propuesto por M. Suarez (2005) con modificaciones.

En esta ilustración la estructuras $P = \langle A, P_j \rangle$ que Suarez denomina «fenomenológica» corresponden en van Fraassen (2008) al M_D o a su forma más refinada, el M_S . La estructura $P = \langle A, P_j \rangle$ es isomorfa a una adecuada *subestructura empírica* $E = \langle C, T_j \rangle$ de una *estructura teórica* $T = \langle B, T_i \rangle$ con $i \geq j$, pues, aunque $E = \langle C, T_j \rangle$ y $P = \langle A, P_j \rangle$ son en apariencia distintas, estructuralmente son equivalentes, pues poseen la misma forma, e.e. son *iso*-morfos. E es una *subestructura empírica* de T . Formalmente $E = \langle C, T_j \rangle \sqsubseteq T = \langle B, T_i \rangle$ y, lo es, porque el dominio de E es un subconjunto del dominio de T . Formalmente $C \subseteq B$; las relaciones T_j son recortes de las relaciones T_i para el dominio de objetos que aparecen en $T = \langle B, T_i \rangle$. Formalmente $\{T_j\} \subseteq \{T_i\}$. Si las estructuras E y P son isomorfas o equivalentes eso significa que cuando decimos que el modelo teórico T es una *representación empíricamente adecuada* del modelo P es porque entre P y T , a diferencia de la relación entre E de T , existe una relación más débil que la de isomorfismo entre P y E que algunos llaman de *homomorfismo* o, como dicen otros, de *isomorfismo parcial*.¹⁰

¹⁰ Dos sistemas o estructuras homomorfas (similares) son isomorfas *sys.* entre ellos existe una función biyectiva tal que a cada elemento del dominio de una estructura corresponde un único elemento de la otra estructura y viceversa, y si además las relaciones y/o funciones poseen el mismo número arío o ádico en ambas direcciones, e.e. ambas son monarias o monádicas, binarias o diádicas, etc.; en el homomorfismo no se requiere que sean biyectivas, pues pueden ser inyectivas, sobreyectivas o ninguna de las dos.

La teoría fallaría en su propósito de incrustar la estructura fenomenológica P , e.e, los M_D o los M_S en un M_T si en éstos aparecen nuevas relaciones definidas sobre el dominio de la estructura fenomenológica P que no se incluyen en T . Cuando esto se presenta, “la teoría nunca podría dar cuenta de toda la riqueza y complejidad del fenómeno, si este fuese estructurado de manera que la teoría no pudiera capturarlo” (Suarez 2005, p. 39). Por esta razón se hace necesario proporcionar en los M_D o en los M_S toda la información necesaria y pertinente para su incrustación en un M_T , como sucede, por ejemplo, con la incrustación de los modelos cinemáticos en la Mecánica Clásica de Partículas, MCP , en un modelo dinámico de esa misma teoría.

Kaiser (1991), por su parte, señala que el proceso de construcción de los M_D es un proceso complejo que va desde los niveles más bajos y rudimentarios hasta niveles más refinados como sería el caso de los M_S . Así podemos hablar de un nivel inferior o rudimentario en la construcción de los M_D donde estarían los objetos del dominio D_0 de fenómenos observables por ostensión, junto con la propiedad relacional n_0 . En este caso, formalmente la estructura S_0 sería: $S_0 = \langle D_0, n_0 \rangle$. A esta estructura le seguiría en el proceso de construcción o de constitución del M_D una estructura más compleja en la que se introduce un conjunto $\{n_i\}$ de nuevas relaciones sobre algún dominio diferente D_i , lo que crea la posibilidad de que, en la construcción del M_D , se redefina el dominio inicial de objetos D_0 dándose origen a una nueva estructura S_1 con más funciones y/o relaciones cuya forma sería: $S_1 = \langle D_1, n_1, \dots, n_m \rangle$. Finalmente, se llega a una estructura más compleja que sería la estructura contrastacional de la teoría y cuya forma final S_k sería: $S_k = \langle D_1, n_1, \dots, n_k \rangle$.

Si van Fraassen (2008) distingue solo tres tipos de modelos (los M_T , los M_D y los M_S), P. Suppes (1962), de donde van Fraassen retoma la noción de *modelos de datos*, distingue, además de los M_T y de los M_D una jerarquía de modelos que tienen que ver con el proceso de experimentación y que Suppes ilustra con una teoría conductista del aprendizaje de cuya formalización W.K. Estes y él mismo se ocuparon en 1959. Estos modelos, al igual que los M_D y los M_S tienen un tipo lógico distinto al de los M_T y sus constituyentes son las entidades observables de los modelos teóricos. Con cada uno de esos modelos del experimento se busca resolver problemas específicos y a cada uno corresponde una teoría también específica. Entre esos modelos Suppes menciona los *modelos de respuesta lineal* que sirven para establecer si

el experimento estuvo bien manejado o no; los *modelos de experimento* propiamente que se relacionan con los M_D , son los modelos de *diseño experimental* que se refieren de manera precisa a todos los componentes involucrados en un experimento, donde incluye las variables (independientes y dependientes), las mediciones, etc. y, en la base, los que Suppes denomina «modelos de condiciones *ceteris paribus*» que aluden a modelos para el control de ruidos, de luz, etc.

Dado que para este autor, como para Tarski, los modelos son por definición “realizaciones posibles en la que se satisfacen todos los axiomas o leyes de una T ”, el criterio para decidir si una realización posible de datos es un modelos de datos [M_D] no depende en manera alguna de su relación con un modelo de respuesta lineal o de alguno de estos modelos de experimento, pues los modelos de respuesta lineal solo establecen criterios “para determinar si el experimento estuvo bien manejado y no para decidir si la teoría de respuesta lineal tiene méritos” (Suppes 1960 [1988], p. 157).¹¹

En el ejemplo de la teoría del aprendizaje a la que se refieren Estes y Suppes (1959) los M_D están constituidos por constituyentes *observables* de los modelos teóricos M_T y, como tales, son subestructuras empíricas (no subconjuntos) de estos. Formalmente $y \sqsubseteq x$, donde $y \in M_D$ y $x \in M_T$.

Es importante señalar que Suppes (1960) no establece distinción alguna entre *matemática pura* y *matemática aplicada*, pues en su opinión: “ambas tratan con entidades conjuntistas, y lo mismo es verdadero de la teoría y del experimento” (p. 158). No obstante, Suppes no niega que haya diferencia entre esas dos disciplinas, si bien esta diferencia, advierte, no es tan clara. Sin embargo, la diferencia se hace evidente cuando él mismo aborda el tema de la medición en teorías cuantitativas. Esto lo señalan muy bien Díez y Moulines (1997) cuando en referencia de Suppes nos dicen:

La diferencia radica en que en las teorías empíricas (matematizadas), la determinación-medición de algunas de (o todas) sus magnitudes vincula dicha magnitud con situaciones empíricas cualitativas que fundamentan la medición; por ejemplo, la función *masa* ligada a

¹¹ Los modelos de respuesta lineal son modelos matemáticos que establecen relaciones lineales entre una o más variables independientes y una variable dependiente, tal que el cambio en la dependiente es proporcional al cambio en la(s) independiente(s).

procedimientos de comparación cualitativa mediante una balanza de brazos. (Díez y Moulines 1997, p. 338).¹²

Van Fraassen (2008), al igual que Suppes (1962), ve necesario diferenciar los modelos estadísticos propios de los M_D , de los modelos probabilistas propios de los M_S . En los M_D se trata de establecer correlaciones estadísticas en términos de frecuencias relativas, mientras que en los M_S se establecen medidas de probabilidad y esto permite realizar predicciones, algo que, para van Fraassen, resulta fundamental para garantizar la adecuación empírica de las teorías científicas. En el caso de la teoría del aprendizaje de Estes y Suppes (1959), Suppes (1962) encuentra que “las frecuencias condicionales relativas de los reforzamientos E_1 y E_2 [componente estadístico] se adecuan lo suficiente a la medida de probabilidad P [componente probabilístico]” (Suppes 1988 [1962], p. 153) y, en estos casos, nos dice: “es común que los modelos de una teoría contengan funciones continuas o secuencias infinitas, aunque los datos confirmatorios sean altamente discretos y finitistas” (p. 149). Un caso paradigmático de M_S destacado por van Fraassen es el de la mecánica cuántica QM , donde no solo resulta problemático definir el conjunto de objetos de que trata esta teoría usando la teoría de conjuntos clásica, e.e, su clase de referencia, pues estos carecen de identidad e indiscernibilidad (cf. Krauze 2005, Krauze 2007, Krauze y French 1995), sino que sus modelos *qua* M_S son modelos probabilistas y no deterministas. Esta peculiaridad idiosincrásica de la QM la recoge muy bien Van Fraassen (2008) cuando, refiriéndose a esta teoría destaca los siguientes componentes:

Una familia M de *observables* (magnitudes físicas) cada una con un rango de *valores* posibles; un conjunto S de *estados*; una *función de respuesta estocástica* P^m_s para cada m [magnitud física] en M y s [estado] en S , que es una probabilidad de medida sobre un rango m (pp. 300-301).

¹² La metrización, que es distinta del procedimiento empírico de medición, con frecuencia consiste en introducir conceptos métricos como *masa*, e.e, un concepto que asigna un número real o un vector a un dominio en el que, de antemano, se dispone de un concepto comparativo., de suerte que lo que se hace es establecer una correspondencia 1-1 entre una estructura comparativa donde se presentan relaciones de coincidencia K y de precedencia P entre objetos del dominio y una estructura métrica cuyo dominio son números reales o complejos como en la mecánica cuántica, QM , de suerte que si dos objetos son coincidentes en cuanto a su peso, entonces el valor de uno debe ser igual al del otro y si el primero pesa menos que el segundo, su valor es menor. Formalmente: : si xKy entonces $f(x) = f(y)$, y 2) si xPy entonces $f(x) < f(y)$, donde K es la relación cualitativa de coincidencia y P la relación cualitativa de precedencia.

El número P_s^m se interpreta como la especificación del modelo de probabilidad que una medida de m dará como resultado un valor en E [espacio de estados] si se realiza cuando el estado es s . De esto nosotros podemos ver de inmediato, más o menos, lo que significará que a tal modelo teórico se *ajuste* un modelos de superficie [*surface models*] (Van Fraassen 2008, p. 169).

Para Van Fraassen, pensar que la relación entre el M_T y el fenómeno representado por el M_D o por el M_S es el *binaria*, presupone que las relaciones que se dan *en* el fenómeno existen con independencia del usuario o usuarios de la teoría. Van Fraassen (2008) considera que esta relación debe ser *ternaria*, pues, además del M_T y del fenómeno por él representado, es necesario incorporar al usuario o usuarios de las teorías (científicos o comunidades científicas) (Veáse Fig 1), destacando en el proceso de construcción del M_D (que Suarez llama «estructura fenomenológica) y en su *incrustación representacional* en el M_T , no solo de datos observacionales fruto de la experiencia, sino el papel activo intencional que desempeña el(los) usuario(s) de la teoría en la construcción (o constitución como diría Carnap en su *Aufbau*) de dicho M_D , en contextos específicos de observación, medición y experimento. De este modo, la relación binaria entre el M_D y el fenómeno resultaría insuficiente para hacer del M_D una representación del fenómeno, dado que la actividad intencional del usuario resulta decisiva para la construcción del M_D y para su *incrustación representacional* en un M_T . Esto significa “que los modelos de datos [M_D] o modelos de superficie [M_S] deban ser ideal e isomórficamente *incrustables* en modelos teóricos” (Van Fraassen 2008, p.168), pues sin esta condición de *isomorfismo*, los M_D o los M_S no serían *incrustables* en el M_T .

A diferencia del realismo metafísico y/o ontológico, para van Fraassen (2008) no existe una estructuración dada en el mundo o, como él dice: “una estructura en la naturaleza” (p. 246). Las relaciones que se representan en los M_D son *construcciones* o *artefactos*, como también los llama Van Fraassen y es mediante éstos como se producen las distintas modelizaciones de los fenómenos objeto de representación, ya sea bajo la forma de grafos, diagramas, esquemas, modelos de simulación computacional, etc. De este modo, “la construcción de un modelo de datos [M_D] es precisamente la representación selectiva y relevante de los fenómenos por *el usuario de la teoría* requerida para la posibilidad de representación del fenómeno” (p. 253). Más aún, “un M_D resulta relevante porque fue *construido* sobre la base de resultados reunidos de

cierta manera, seleccionados, por un criterio específico de relevancia en ciertas ocasiones, como es el de una práctica experimental o de entorno observacional designado para este propósito [aspecto intencional]" (*ibid.* La cursiva es mía). El fenómeno *en sí mismo*, como un esto absoluto a la manera del *noumenon* kantiano, no determina qué es relevante para el M_D . Son los usuarios de la teoría, como es el caso de los científicos o de las comunidades científicas, los que determinan en la construcción del M_D qué datos del fenómeno resultan relevantes. Este es un proceso guiado por la teoría o, como suele decirse, «llevado a cabo con las gafas de la teoría».

Esta relación ternaria a la que nos hemos referido exige considerar los factores indexicales ligados a condiciones específicas y de contexto en las que dicha representación tiene lugar, lo que exige tenerlos presentes cuando de dar cuenta de dichos factores se trata. En este caso, como dice van Fraassen (2008): "alguien usa x para representar y como tal z " (p. 258).

Van Fraassen introduce una tautología pragmática en la que "afirmar que «la teoría es adecuada al fenómeno» equivale a aseverar que «ella es adecuada a éste tal como es representado por nosotros, lo que constituye un enunciado que es lógicamente contingente que no puede ser negado" (p. 259). La tautología pragmática es, por definición, un enunciado contingente (no necesario) que no puede ser negado. Lo anterior es posible, porque como dice este mismo autor: "la contingencia pertenece a su contenido, mientras que la negación y la afirmación pertenecen al uso (*ibid.*). De este modo, es lo mismo afirmar que «una teoría es adecuada al fenómeno», que afirmar «es adecuada al fenómeno como *representado por alguien*», como es el caso de las tautologías pragmáticas. Es por ello que la representación debe concebirse como una relación ternaria donde es necesario involucrar en la relación de representación, no solo el fenómeno y las estructuras fenomenológicas de los M_D o de los M_S , a los usuarios de la teoría involucrados en la construcción de las distintas representaciones, sean éstas *estructuras matemáticas* o *estructuras empíricas*, e.e, estructuras que se construyen independientemente de la experiencia (*a priori*) o estructuras a las que se llega mediante investigación empírica como lo propone I. Votsis (2008). Ante esta distinción que propone Votsis

(2008),¹³ van Fraassen opta por la noción de «adecuación empírica» que es más débil que la de verdad, lo que lo libera de aceptar la existencia de entidades no observables que lo llevarían a asumir un compromiso óntico respecto a ellas. Esto explica por qué van Fraassen (1980) hablaba de dos «actitudes epistemológicas» frente a una teoría: (i) “aseverar que es *verdadera*, es decir, que es una réplica fiel, en todo detalle, de nuestro mundo) y pedir que sea creída” y, (ii) “asegurar que es *adecuada empíricamente* y pedir que sea aceptada como tal” (pp. 68-9. Las cursivas son mías). Lo que es cierto es que por amplios que sean nuestros conocimientos, nunca podemos conocer el fenómeno en su totalidad, de manera que la representación que de él se hagan el usuario o usuarios de la teoría siempre será perspectivista.

El estructuralismo metateórico, EM, y los modelos de datos, M_D . Un análisis comparativo entre el estructuralismo metateórico, EM y el estructuralismo empírico, EE.

El EM, al igual que el EE, defiende una caracterización semántica y/o modelística de las teorías científicas, si bien difieren en la caracterización matemática de los modelos, como ya se dijo y en la forma como conciben la estructura lógica interna de las teorías científicas y su evolución. En el EM los modelos se conciben como estructuras relacionales conjuntistas en el sentido de la semántica formal, e.e., como secuencias ordenadas de la forma:

$$\langle D_1, \dots, D_m, R_1, \dots, R_m \rangle$$

donde los D_i son los «conjuntos básicos» y los R_i las relaciones» construidas (tipificadas) sobre estos conjuntos básicos.

Joseph D. Sneed (1971), fundador del EM, propuso que el tipo más simple de estructura conjuntista que puede ser identificado en una reconstrucción lógica de una teoría empírica es el *elemento teórico* T que, como par ordenado, comprende dos partes: una estructura matemática puramente formal, K , que denominó el “núcleo teórico” y un conjunto abierto de *aplicaciones intencionales* I . Formalmente $T =: \langle K, I \rangle$. Este elemento teórico T es la más pequeña entidad conjuntista que puede tener asociada una aseveración empírica, pero en teorías más

¹³ Ante esta distinción van Fraassen diría que toda estructura es abstracta, e.e, matemática, así haya sido el resultado de investigaciones empíricas, como es el caso de los distintos modelos a que hace referencia y que en su propuesta de EE no son otra cosa que *representaciones*. Cosa distinta son sus *relata* empíricos: los *phenomena* a los que se hace referencia en la Fig. 1.

complejas y desarrolladas, estas están constituidas por elementos teóricos ordenados jerárquicamente por relaciones de especialización y se habla de «redes teóricas», N , como es el caso de la mecánica clásica de partículas, MCP , donde hay elementos especializados asociados con fuerzas específicas como las elásticas, las gravitacionales, etc. que corresponden a ley fundamental, como el segundo Principio de Newton en el caso de la MCP . Formalmente: $N =: \langle \{T_i\}, \sigma \rangle$ donde $\{T_i\}$ es un conjunto finito no vacío de elementos teóricos y una relación de orden parcial de especialización definida sobre $\{T_i\}$. Por lo general estas redes teóricas tienen una forma arbórea invertida y en la parte superior aparece el elemento teórico básico (donde está la ley fundamental) y todos los demás elementos teóricos son especializaciones y su evolución sincrónica es lo que T.S. Kuhn llama «ciencia normal».

En el núcleo K de la teoría, $K(T)$, Sneed y los EM identifican como sus componentes : (i) el conjunto de modelos potenciales, M_p ; (ii) el conjunto de modelos actuales, M , como un subconjunto de los modelos potenciales, M_p ; (iii) el conjunto de modelos potenciales parciales o simplemente parciales, M_{pp} ; (iv) el conjunto global de condiciones de ligadura o *constraints*, C ; (v) el conjunto de vínculos interteóricos globales, L , y (vi) C . U. Moulines, posteriormente, le adicionó una relación de aproximación A , pues las teorías científicas no se aplican a la experiencia ni se relacionan entre sí de modo exacto, como sucede, por ejemplo, con la relación de reducción entre pares de teorías, que es aproximada. Las teorías se aplican o relacionan con otras con un cierto grado de aproximación.. Formalmente, $K =: \langle M_p, M, M_{pp}, C, L, A$ donde los M_p son estructuras (relacionales) conjuntistas que contienen todo el aparato conceptual de T ; los M son un subconjunto de los M_p que satisfacen las leyes de T y por tanto, formalmente: $M \subseteq M_p$; los M_{pp} son los modelos parciales posibles o simplemente parciales que resultan de «eliminar» en los M_p mediante la función recorte r , los términos T -teóricos o específicos de T . Formalmente: $r: M_p \rightarrow M_{pp}$; ¹⁴ los C son

¹⁴ Una de las novedades de Sneed y del EM es haber propuesto una distinción en el vocabulario de T distinta de la problemática distinción epistémica «teórico/observacional» que implica dos distinciones: «observacional/no observacional» y «teórico/no teórico». Sneed propuso la distinción « T -teórico/ T -no teórico». Los T -teóricos son aquellos para cuya determinación (medición en el caso de teorías cuantitativas) presuponen la validez de T , e.e, dependen para su determinación de T y, por eso se le llama T -teóricos, en caso contrario, son T -no teóricos. Se trata de una distinción pragmática pues tiene que ver con el modo como se usan en cada teoría T y no absoluta, sino relativa a cada T . Así, la *masa* en la MCP requiere para la determinación de su valor numérico de una balanza que es un modelo de la MCP , en cambio la *posición* se puede establecer apelando a modelos que son aplicaciones de teorías distintas de la MCP como la geometría o la óptica. Los T -teóricos son propios de T ; los T -no teóricos, aunque aparecen en T , pertenecen a un vocabulario de teorías antecedentes y distintas de T .

una clase de *constraints* o de condiciones de ligadura que conectan los distintos modelos o aplicaciones intencionales en el interior de una y la misma teoría T , si bien los C son condiciones de ligadura globales, GC . Formalmente $GC \subseteq Pot(M_p)$; L son los vínculos interteóricos que conecta M_p de distintas teorías. Como en el caso anterior los vínculos interteóricos son globales, GL . Formalmente: $GL \subseteq Pot(M_p)$; los A son una clase de emborronamientos admisibles, e.e, los grados de aproximación admitidos entre distintos modelos, pues, como ya lo dijimos, en las ciencias la relación entre los modelos teóricos y la experiencia o entre los modelos potenciales de dos teorías distintas nunca es exacta, sino solo aproximada.

Pero además del núcleo $K(T)$ están las aplicaciones pretendidas o intencionales [*intended applications*], I , que es el conjunto que en la teoría T representa los sistemas empíricos a los que los usuarios intentan aplicar (así sea aproximadamente) el núcleo $K(T)$; estas aplicaciones I vienen determinadas conceptualmente por teorías previamente disponibles a T y distintas de T (ver nota 13). Formalmente: $I \subseteq M_{pp}$.

Aunque todos los componentes de $K(T)$ pueden considerarse como conceptos primitivos metateóricos, ellos, sin embargo, se relacionan formalmente con del marco de T , e.e, con los M_p . Así, formalmente: (i) $M \subseteq M_p(K)$; (ii) $C \subseteq Pot(M_p(K))$; (iii) Para todo $\lambda \in L \exists M_p(K) \neq M_p(K)$ tal que $\lambda \subseteq M_p(K) \times M_p(K)$; (iv) r tal que: $r: M_p(K) \rightarrow M_p(K)$, donde r es una función 1-1; 5) $A \subseteq U \in Pot(M_p(K) \times M_p(K))$ (cf. Moulines 1996, p. 8).¹⁵

Pero, aunque la concepción semántica y/o modelista de las teorías científicas no son conjuntos de enunciados, sino conjuntos de modelos, ellas se *usan* para hacer enunciados que tienen que ser contrastados empíricamente a fin de establecer si son verdaderos y, derivativamente, si las teorías T a que corresponden también lo son, pues sabemos que la verdad no es una propiedad de los modelos, sino de las proposiciones o, mejor, del contenido de estas. La *aserción empírica* o enunciado Ramsey es el enunciado que acompaña a cada teoría, si bien no se identifica con ella. En el *EM* esta aserción se conoce como «enunciado Ramsey-Sneed» o, como lo llamó Sneed, «enunciado

¹⁵ La función r o función recorte, lo que hace es eliminar en los M_p las funciones T -no teóricas y, de ese modo, obtener un modelo potencial parcial M_{pp} , como sucede cuando se obtiene un modelo cinemático en la *MCP* $y = \langle P, T, s \rangle$, e.e, un M_{pp} (*MCP*) a partir de un modelo dinámico $x = \langle P, T, s, m, f \rangle$, e.e, a partir de un M_p (*MCP*). La función inversa r^{-1} lo que es extender o ampliar un M_{pp} para convertirlo en un M_p mediante la adición en aquel de funciones T -teóricas. Formalmente $r: M_p \rightarrow M_{pp}$ y $r^{-1}: M_{pp} \rightarrow M_p$.

Ramsey revisado» o «enmendado» [*emended*].¹⁶ Lo que este expresa es que existen un conjunto de aplicaciones intencionales $I, I M_{pp}$ que extendidas mediante la incorporación en ellas de términos T -teóricos o específicos satisfacen las constricciones de la teoría, a saber, las leyes de la teoría, las condiciones de ligadura globales, GC , y los vínculos inter teóricos, GL . Cuando esto ocurre, podemos decir que ese conjunto de sistemas o aplicaciones intencionales, $I(T)$, que aisladamente satisfacen las leyes, y conjuntamente las condiciones de ligadura, C , y los vínculos interteóricos son modelos actuales de T , e.e, caen o son subsumidos o incrustados [*embedding*] en T .

Siguiendo la distinción que establece Balterborth (1996) entre «incrustación representacional» e «incrustación explicativa», podemos decir que la primera es la que corresponde al EE de van Fraassen (2008), y la segunda, al EM de Sneed, donde el objetivo teórico central del núcleo K de T o de una red teórica N de T , es explicar/predecir fenómenos empíricos, e.e, entidades, estados de cosas o procesos empíricos.

Para comprender mejor esta función explicativo/predictiva de un elemento teórico T o, incluso, de una red teórica N , y, por tanto, del proceso de *incrustación explicativo* de $I(T)$ en $K(T)$, es necesario introducir dos nociones: (i) la de *contenido teórico*, $Con_{teo}(K)$ y (ii) la de *contenido empírico*, $Con_{emp}(K)$. La primera se refiere al efecto combinado de todas las constricciones del núcleo K de T (leyes, condiciones de ligadura, C , y vínculos inter teóricos, L) que las aplicaciones intencionales I deben satisfacer para ser consideradas M del núcleo K de T o, incluso «aplicaciones en firme» de un elemento teórico T o de una red teórica N . Formalmente: $Con_{teo}(T) =: Pot(M(K) \cap C(K)) \cap Pot(L)$ que equivale a afirmar que el conjunto de aplicaciones $I(T)$ son modelos actuales o reales de T . Formalmente: $I \in Con_{teo}(T)$.

Sin embargo, si aceptamos la distinción que introduce el EM entre términos T -teóricos y T -no teóricos, podemos hablar del *contenido empírico* $Con_{emp}(T)$, que resulta de aplicar la función r al $Con_{teo}(T)$. Lo

¹⁶ Sneed introduce como aserción empírica el enunciado Ramsey, pero bajo una forma pluri-modélica y no atómico-enunciativista como la de Ramsey, razón por la cual se le conoce como «enunciado Ramsey-Sneed». Esta novedad incluso llevó a Sneed a bautizar su propuesta metateórica como «concepción Ramsey modificada» [*Ramsey-View emended*], misma que Stegmüller en 1973 llamará «concepción estructuralista de las teorías» [*Structuralist-View of Theories*], por sugerencia de Y. Bar-Hillel.

que hace la función r o función recorte es eliminar en el $Con_{teo}(T)$ las funciones T -teóricas y , de ese modo, evitar la autojustificación de T . Formalmente el $Con_{emp}(T) =: r(Pot(M(K) \cap Pot L(K)))$. La aserción empírica o enunciado Ramsey-Sneed lo que expresa es el $Con_{emp}(T)$ que no es otra cosa que la parte empírica contrastacional de T que se puede incrustar [embedding] en el $Con_{teo}(T)$. Lo que nos dice la aserción empírica es que «existe una extensión e de I que pertenece al $Con_{teo}(T)$ ». Formalmente: $\exists e: e(I) \in Con_{teo}(T)$. Si la aserción empírica resulta verdadera, es decir, si el $Con_{emp}(T)$ puede ser incrustado en el $Con_{teo}(T)$, entonces decimos que la aserción empírica es verdadera, y derivativamente, que la teoría T es verdadera.

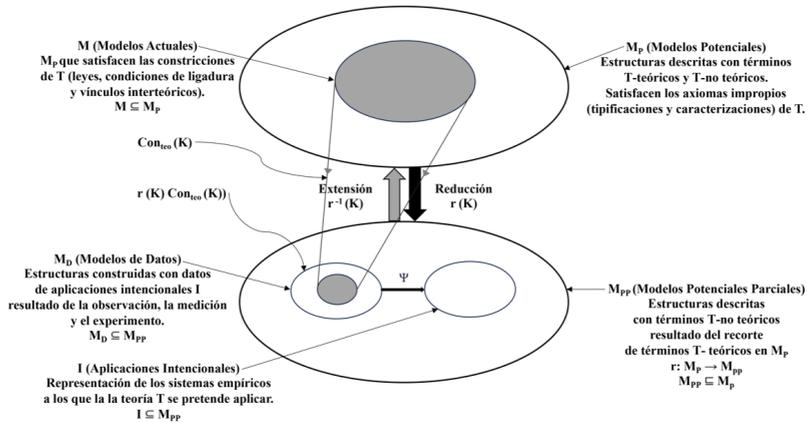


Fig 2. Elemento teórico T propuesto por W. Balzer (1982) donde se enfatiza la importancia de M_D como componente adicional de los M_{pp} y su incrustación explicativa en un modelo actual M .

Esta representación de la propuesta estructuralista de Balzer (1982) es la misma que correspondería al elemento teórico T de Sneed (1971) y, en general del EM , sin embargo, en ella, al introducir los M_D se busca destacar el componente M_D al lado de las I , ambos subconjuntos de los M_{pp} . En este gráfico se pueden diferenciar dos planos: el plano superior de los M_p y de los M , el plano teórico, y el plano inferior de los M_{pp} y dentro de este los M_D y los I que corresponde al «contenido empírico» o «contrastacional» de T .

Conclusión

Podemos afirmar que tanto el *EE* como el *EM* (al menos en la versión de Balzer) enfatizan la importancia de los M_D como componentes esenciales en la teorías científicas, pero en el *EM* en la versión de Balzer (1982) se destaca, como en van Fraassen (2008), la importancia de los modelos de datos, M_D , y su incrustación en los M_T de las distintas teorías, solo que en el *EE* la incrustación es fundamentalmente representacional y en el *EM* explicativa y predictiva. En ambos casos hay una referencia explícita a la *aserción empírica* que acompaña la teoría, siendo el *EM* más explícito que el *EE* en la explicación metateórica sobre el modo como se incrusta el M_D en el modelo teórico M y en la manera como una estructura matemática abstracta descrita por una teoría T permite comprender el comportamiento de los distintos sistemas empíricos de que ella se ocupa. No se trata de desconocer el rol representacional de las teorías, pero las teorías proponen representaciones de los fenómenos empíricos (objetos, eventos o procesos) no simplemente para producir una imagen o representación pictórica de ellos como lo enfatiza la *Bildtheorie*, sino para proporcionar de ellos una explicación/predicción como objetivos teóricos fundamentales de toda teoría científica.

El *EM* es, en la actualidad, la metateoría filosófica de la ciencia que proporciona el análisis más fino, preciso y detallado de la estructura y dinámica de las teorías científicas y de lo que estas se proponen, tanto desde el punto de vista teórico, como práctico.

REFERENCIAS

- Balzer, W. (1996). *Teorías empíricas: modelos, estructuras y ejemplos*. Alianza.
- Balzer, W. y Moulines, C. U. (1966). *Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results*. Walter de Gruyter.
- Balzer, W., Moulines, C. U. y Sneed, J. D. (1987). *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*. D. Reidel Publishing Co.
- Bartelborth, T. (1996). Scientific Explanation. En Balzer, W. y Moulines, C. U. (eds.). *Structuralist Theory of Science: Focal Issues, New Results*. (23-43). Walter de Gruyter.
- Borge, B. (2015). *Conociendo la estructura del mundo. El realismo estructural en el marco del Realismo vs Antirrealismo Científico*. Teseo.

- Braithwaite, R. B. (1953). *Scientific Explanation*. Cambridge U. P.
- Bunge, M. (1974). *Treatise on Basic Philosophy, vol. 1: Sense and Reference*. Reidel Publishing Co.
- Carnap, R. (1988). *La construcción lógica del mundo* (L. Mues, trad.). U.N.A.M.
- Churchland, P. M. y Hooker, C. A. (Eds). (1985). *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism, with a Reply from Bas C. Van Fraassen*. Chicago U. P.
- Da Costa, N. C. A. y French, S. (1990). The Model-Theoretical Approach in the Philosophy of Science. *Philosophy of Science*, 57, 248-265.
- De la Pava, L. V. y Gálvez, E. F. (2017). El estructuralismo filosófico y los fundamentos de las matemáticas: el debate Hellman-Apode. *Praxis Filosófica*, 45, 197-218.
- De Regt, H. W. (1998). Ludwig Boltzmann's Bildtheorie and Scientific Understanding. *Synthese*, 119, 113-134.
- Díez, J. A. (2012). La explicación científica: causalidad, unificación y subsunción teórica. En Peris Vivé, L. M. (ed.). *Filosofía de la ciencia en Latinoamérica*. Tecnos.
- Forge, J. (1980). The Structure of Physical Explanation. *Philosophy of Science*, 47(2), 203-294.
- French, S. (2003). A Mode-Theoretic Account of Representation (Or, I Don't Know Much About Art...But I Know It Involves Isomorphism). *Philosophy of Science*, 70(5), 1472-1483.
- French, S. y Saatsi, J. (2006). Realism about Structure: The Semantic View and Nonlinguistic Representations. *Philosophy of Science*, 73(5).
- French, S. y Ladyman, J. (2003). Remodelling Structural Realism: Quantum Physics and Metaphysics of Structure. *Synthese*, 136(1), 31-56.
- Friedman, M. (1974). Explanation and Scientific Understanding. *The Journal of Philosophy*, 71(1), 5-19.
- Giovannini, E. (2012). Una imagen de la realidad geométrica: la concepción axiomática de la geometría de Hilbert a la luz de la *Bildtheorie* de Heinrich Hertz. *Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 44(31), 27-53.
- Hanson, N. R. (1985). *Patterns of Discovery*. Cambridge U. P.

Hempel, C. G. (1965). *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*. The Free Press.

Jaramillo, J. M. (2009). Estructuralismo francés y estructuralismo metateórico. *Discusiones Filosóficas*, 10(15), 23-50.

----- (2018). Los modelos de datos en las teorías científicas. *Discusiones Filosóficas*, 19(33), 87-111.

Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. U. of Chicago P.

Krauze, D. (2007). *La metafísica de la no-individualidad. Ensayo sobre la indiscernibilidad de los quanta*. Versión preliminar. Floridanápolis.

Ladyman, J. (2002). *Understanding Philosophy of Science*. Routledge.

Lakatos, I. (1978). *The Methodology of Scientific Research Programmes: Philosophical Papers, vol. 1*. Cambridge U. P.

Laudan, L. (1984). *Science and Values: The Aims of Science and Their Role in Scientific Debate*. U. of California P.

Moulines, C.U. (1996). Structuralism: The Basic Ideas. En: Moulines, C. U. y Balzer, W. (eds.). *Structuralist Teheory of Science. Focal Issues, New Results*. Gruyter.

----- (1997). *El desarrollo estructural de la ciencia*. Paidós.

----- (2005). Models of Data, Theoretical Models, and Ontology. A Structuralist Perspective. En Hoffmann, M., Lenhard, J. y Seeger, F. (eds.). *Activity and Sign*. (325-333). Springer.

----- (2007). Explicación teórica y compromisos ontológicos. Un modelo estructuralista. *Quaderns de Filosofia i Ciència*, (37), 7-14.

Nagel, E., Suppes, P. y Tarski, A. (eds.). (1962). Models of Data. En *Logic, Methodology and the Philosophy of Science: Proceedings of the 1960 International Congress*. (252-261). Stanford U. P.

Sneed, P. (1971). *The Logical Structure of Mathematical Physics*. Reidel.

Stegmüller, W. (1981). *La concepción estructuralista de las teorías*. Alianza.

Suppe, F. (1989). *Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*. U. of Illinois P.

Suppes, P. (1960). A Comparison of the Meaning and Use of Models in Mathematics and Empirical Sciences. *Synthese*, 12, 287-301.

— — — — (1962). Models of Data. En Nagel, E. P., Suppes, P. y Tarski, A. (eds.). *Logic, Methodology and Philosophy of Science: Proceedings of the 1960 International Congress*. (252-261). Stanford U.P.

— — — — (1969). *Estudios de Filosofía y Metodología de la Ciencia* (Rolleri, J. L., trad.). Alianza.

Van Fraassen, B. (1980). *The Scientific Image*. Oxford U.P.

— — — — (1985). Empiricism in Philosophy of Science. En Churchland, P.M. y Clifford, A. (eds.). *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism*. (245-308). Chicago U. P.

— — — — (1997). Structure and Perspective: Philosophical Perplexity and Paradox. *Logic and Scientific Methods*. En Dalla Chiara, M. L. et al. (eds.). *Logic and Scientific Method*. Kluwer Academic Press.

— — — — (2006). Representation: The Problem for Structuralism. *Philosophy of Science* 73 5(5), 536-547.

— — — — (2007). Structuralism about Science: Some Common Problems. *Aristotelian Society* 81(1), 45-61.

— — — — (2008). *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*. Oxford U.P.

Votsis, I. (2003). Is Structure Not Enough?. *Philosophy of Science*, 70, 879-90.

Cómo citar:

Jaramillo, J. M. (2024). Los modelos de datos y su papel en las teorías científicas: la incrustación representacional en el estructuralismo empírico vs. la incrustación explicativa en el estructuralismo metateórico. *Revista Discusiones Filosóficas*. 25(45), 117-142. <https://doi.org/10.17151/difil.2024.25.45.6>