# Los modelos de datos en las teorías científicas*

## The models of data in scientific theories

Juan Manuel Jaramillo U.
Profesor Jubilado U. del Valle, Colombia. discufilo@ucaldas.edu.co

Recibido el 17 de junio de 208, Aprobado el 26 de octubre de 2018

### Resumen

En este escrito, me propongo desarrollar una reflexión sobre los modelos de datos (*MDs*) en las ciencias empíricas destacando su importancia para la representación de los fenómenos de que ellas se ocupan y para la evidencia de estas. Al mismo tiempo, presento y discuto algunas de las críticas que se han planteado a la descripción *T*-no teórica de las aplicaciones intencionales *I* en algunas teorías que llevarían a proponer una modificación en la aserción empírica (enunciado Ramsey-Sneed) que acompaña a las teorías, como son los casos de hipótesis aisladas como la ley de Ohm y de teorías físicas máximamente comprensivas y omniabarcantes como las teoría del todo y de gran unificación.

### Palabras clave

Modelos de datos, aplicaciones, estructuralismo metateórico, T-teoricidad.

### Abstract

This paper intends to develop a reflection on the data models (DMs) in the empirical sciences, highlighting their importance for the representation of the phenomena that they occupy and for the evidence of these. At the same time, I present and discuss some of the criticisms that have been raised about the non-theoretical description of the intentional applications *I* in some theories that would lead to propose a modification in the empirical assertion (Ramsey-Sneed statement) that accompanies theories, are presented and discussed, as are the cases of isolated hypotheses such as Ohm's law and of maximally comprehensive and all-encompassing physical theories such as the Theory of Everything and of great unification.

### Key words

Data models, applications, metatheoretical structuralism, T-theoreticity.

* Este trabajo ha sido realizado con la ayuda del proyecto de investigación PICT-2014-1741 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Argentina).

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

Discusiones Filosóficas. Año 19 Nº 33, juliio – diciembre 2018. pp. 87-111
ISSN 0124-6127 (Impreso), ISSN 2462-9596 (En línea)
DOI: 10.17151/difil.2018.19.33.7

> *"Toda evidencia es un dato, pero no todo dato es una evidencia […] Son evidencias los datos que son relevantes para alguna idea […] "Evidencia" es, pues, un concepto complejo: tiene que ponerse en relación con las hipótesis particulares para las cuales es relevante y con el trasfondo de conocimiento en base al cual sostenemos que el dato es una evidencia relevante para la hipótesis"* (M. Bunge).

## 1. Presentación y objetivo

En el Simposio conmemorativo de los treinta años de publicación de *An Architectonic for Science. The Structuralist Program* (1987), realizado en Salamanca (España) en julio de 2017, uno de los autores, Carlos Ulises Moulines, expresaba que, entre las cosas que se les quedaron en el tintero en la publicación del libro, estaba la de no haber realizado una reflexión explícita y sistemática de los *modelos de datos* (en adelante *MDs)* y de su importancia para las teorías científicas, como un componente fundamental de su estructura, toda vez que ellos, como lo veremos, desempeñan un rol fundamental en la explicación de la praxis científica y, en particular, en la representación de los fenómenos por parte de las teorías científicas.

Ciertamente, en este libro que –como bien se ha dicho– constituye la *summa* del programa estructuralista metateórico, no existe ninguna mención explícita de los *MDs,* a pesar de haber estado en centro de la reflexión metateórica estructuralista como lo atestiguan los numerosos trabajos en los que o ha sido un asunto explícito o ha sido mencionado con especial atención. Basta, a título de ilustración, recordar un libro en alemán de W. Balzer publicado antes de *An Architectonic* y artículos de W. Balzer, B. Lauth y G. Zoubek; U. Ghäde; P. Lorenzano y el mismo Moulines; por mencionar solo algunos de los más representativos escritos después de *Architectonic*.

En este escrito, me propongo desarrollar una reflexión sobre los *MDs* destacando su importancia para la representación de los fenómenos de que se ocupan las teorías y para la evidencia de estas. Al mismo tiempo, presentar algunas de las críticas que se han planteado a la descripción *T*-no teórica de las aplicaciones intencionales *I* en algunas teorías que llevarán a proponer una modificación en la aserción empírica (enunciado Ramsey-Sneed) que acompaña a dichas teorías, como son los casos de hipótesis asiladas como la ley de Ohm o de teorías físicas máximamente comprensivas y omniabarcantes como la teoría del todo (en adelante

*TOE* por su siglas en inglés) y la teoría de gran unificación (en adelante *GUT* por sus siglas en inglés).

## 2. Los modelos de datos para P. Suppes

A riesgo de caer en simplificaciones, podemos decir que existen dos grandes maneras de identificar/representar las teorías. Por un lado, la que proponen los positivistas lógicos y alcanza su cristalización en la llamada "concepción heredada" ["*received view*"] y que, extraído de las matemáticas se extiende a la totalidad de las ciencias, donde las teorías se identifican con clases o conjuntos de enunciados cerrados respecto de la deducción (enfoque enunciativista o lingüístico) y, por otro lado, la de quienes las identifican con clases o conjuntos de modelos como P. Suppes y colaboradores, B. van Fraassen, F. Suppe R. Giere y el estructuralismo metateórico (*EM*) de J.D. Sneed, W. Balzer y C.U. Moulines, principalmente (enfoque semántico o modelístico).

Aunque todos los que defienden este último enfoque comparten una misma estrategia, a saber, la presentación modelística para la identificación y análisis de las teorías, difieren en la manera como cada uno caracteriza matemáticamente los modelos, pues mientras van Fraassen, por ejemplo, los identifica con puntos o trayectorias en un *espacio de estados* o *de fases*, siguiendo así una idea que él mismo (1970, 1980) atribuye a Beth , Suppes y los estructuralistas los identifican con *estructuras conjuntistas,* siguiendo de este modo el legado del colectivo Bourbaki que, en su afán de unificar el variopinto universo de las matemáticas, concibe las distintas especialidades de esta disciplina como el estudio de *especies de estructuras,* idea que la Escuela de Stanford y su director, Suppes, extenderá a las teorías físicas.

En efecto Suppes, para establecer la relación entre una teoría empírica y los datos relevantes que le sirven de apoyo y justificación, introduce una jerarquía de modelos con distintos tipos lógicos entre los que menciona los modelos de la teoría básica o teóricos (donde estarían los axiomas o leyes fundamentales), los modelos del experimento, los *MDs* y, en la parte más baja, todas aquellas condiciones del diseño experimental que no son susceptibles de formalización y que incluyen el conjunto ilimitado de condiciones *ceteris paribus* no establecidas.

Para Suppes, los *MDs* en las ciencias empíricas tienen que ver con las observaciones y mediciones sistemáticas llevadas a cabo en el modelo del experimento, de suerte que si este es una posible realización de la teoría, los datos son posibles realizaciones de este. La observación de las trazas en la cámara de burbujas para la detección de partículas subatómicas son un buen ejemplo del papel heurístico y confirmatorio que ciertos datos (curva y velocidad de la traza de burbujas que se puede fotografiar) desempeñan en la realización de un modelo de experimental en la física de partículas; datos que contribuyen a establecer la adecuación empírica de estas teorías y, en este caso, a detectar la existencia de partículas elementales como sucedió con el neutrilo en 1970.[1]

Para mostrar la jerarquía de modelos en las ciencias empíricas, en este texto, Suppes apela a una teoría estadística del aprendizaje en la que –como él dice- "[u]n modelo de datos está diseñado para incorporar toda la información acerca del experimento que pueda ser usada en pruebas estadísticas de la adecuación de la teoría" (Suppes, "La estructura" 156). En este caso se busca establecer si mediante los modelos experimentales, construidos a partir de los datos que proporciona la experiencia, es posible garantizar la "adecuación de la teoría", -i.e., si tales modelos experimentales son en realidad modelos de la teoría.[2] Para Suppes, "las realizaciones posibles de los datos [los modelos de datos] son definidas precisamente de la misma manera que las realizaciones posibles de la teoría [los modelos teóricos] que están siendo sometidos a prueba" (Suppes, "La estructura" 149). En el primer caso se requiere de una teoría de los datos como procedimiento experimental. En el segundo, se requiere de la teoría, para ver si sus posibles realizaciones, son realmente modelos, i.e., satisfacen los axiomas propios y demás restricciones que ella impone.

Al contrastar las teorías matemáticas puras que utilizan nociones teóricas que no tienen una análogo directo observable en los datos experimentales, con las teorías matemáticas aplicadas que sí lo tienen, como es el caso analizado por Suppes de la teoría probabilista del aprendizaje, este autor encuentra que, en las primeras, la comparación se da entre modelos del mismo tipo lógico como se evidencia en la enunciación de teoremas de representación, mientras que, en el segundo caso, la

[1] La cámara de burbujas fue inventada en 1952 por Donald Graser, quien por ello recibió en 1960 el Premio Nobel de Física.

[2] En el caso de la teoría del aprendizaje a que hace referencia Suppes, se habla de dos axiomas. El primero, intuitivamente nos dice que si una respuesta es reforzada, la probabilidad de que en el ensayo siguiente se produzca esta respuesta, es *incrementada* por una transformación simple; el segundo intuitivamente expresa que cuando la respuesta es diferente, la probabilidad de producir la respuesta decrece por una segunda transformación lineal (Suppes, "La estructura" 150).

comparación teoría/experiencia se da entre modelos con diferente tipo lógico. Aquí "es común que los modelos de una teoría (modelos teóricos) contengan funciones continuas o secuencias infinitas aunque los datos confirmatorios son [sean] de carácter altamente discretos y finitistas" (Suppes, "La estructura" 149). En el nivel del modelo teórico de la teoría del aprendizaje, por ejemplo, existen parámetros probabilísticos como el llamado "parámetro del aprendizaje $\theta$" que es un intervalo de reales ($0 \leq \theta \leq 1$), pero que, al no ser observable, no puede hacer parte de los datos registrados por la observación. Más aún, ningún experimento real puede incluir un número infinito de ensayos discretos, como si se plantea, al menos como posibilidad, en el modelo teórico

Aunque en "Models of data" reconoce que la distinción entre matemáticas puras y aplicadas es "espuria", pues "ambas tratan con entidades conjuntistas, y lo mismo es verdadero de la teoría, i.e., del modelo teórico, que del experimento, la incorporación de los modelos de datos *MDs* en el modelo experimental hace que tal distinción no sea "espuria" y que podamos diferenciar las teorías formales de la matemática pura y de la lógica, de las teorías empíricas donde la matemática se aplica, pues en estas últimas, como acabamos de ver, los *MDs* son de distinto tipo lógico que los modelos teóricos. Suppes no es muy explícito en la caracterización de este tipo de modelos, pero las diferencias de tipo lógico parecieran tener que ver con el hecho de que, en las teorías empíricas, los *MDs* son, como dicen Díez y Moulines:

> subestructuras de los modelos teóricos . . . [pues] los modelos [de datos] de la teoría están constituidos por constituyentes *observables* de los modelos teóricos, de modo que resultan ser subestructuras de aquellos. Los modelos de datos, además, son definidos por sus propias teorías y es a través de su conexión con estas teorías de datos como adquiere contenido empírico la primera. (Díez y Moulines 341)[3]

En esta cita quiero destacar el reconocimiento de que los *MDs* son subestructuras (parciales) de los modelos teóricos (con distinto tipo lógico) que se refieren "a los constituyentes *observables* de los modelos teóricos". Igualmente, cabe destacar que los *MDs* "son definidos por sus propias teorías", al punto de que son estas las que, de algún modo, le

[3] En esta cita, Díez y Moulines se refieren expresamente a la teoría del aprendizaje Estes-Suppes de la que Suppes se vale para ilustrar su noción de *modelos de datos.*

proporcionan al modelo teórico su "contenido empírico" y le permiten garantizar su adecuación empírica sin necesidad de caer en un círculo vicioso, pues tales *MDs* serían *T*-no teóricos, donde *"T"* sería la teoría que nos interesa contrastar vía sus aplicaciones intencionales o propuestas, i.e., los distintos sistemas reales que nos interesa explicar o predecir.

### 3. Las teorías empíricas en el EM estándar[4]

En el caso del *EM* estándar y haciendo eco con algunas modificaciones de las críticas realizadas por Adams a Suppes, en el *EM* estándar se incorporan en la noción de teoría empírica las aplicaciones intencionales como componente definicional básico de ellas. Como bien sabemos, en ella la definición de un elemento teórico *T* incluye un núcleo formal *K* (donde en la concepción heredada estarían las tradicionales leyes (axiomas) de *T*) y una parte *aplicativa I* que representa el conjunto de sistemas reales a los que los científicos o las comunidades científicas intentan aplicar *K*. En términos formales: $T = <K,I>$, donde $K = <Mp, M, Mpp, C, L, A>$ e $I \subseteq Mpp$. *Mp* denota el conjunto de todos los modelos potenciales (el tradicional marco conceptual de *T*); *M* el conjunto de todos los modelos (actuales), i.e., las tradicionales leyes de *T*; $M_{pp}$ el conjunto de todos los modelos potenciales parciales, i.e., la base *T*- no teórica; *C* el conjunto de condiciones de ligadura ["*constraints*¨], i.e., las condiciones que conectan los diferentes modelos de una y la misma *T*; *L* el conjunto de vínculos interteóricos, i.e., las condiciones que conectan modelos de diferentes teorías; y *A* la clase de emborronamientos admisibles, i.e., los grados de aproximación admitidos entre los diferentes modelos. Los *I*, como vimos, es el conjunto abierto de aplicaciones intencionales, i.e., las parcelas de la realidad queremos explicar, predecir o manipular tecnológicamente.

Aunque todos los componentes de *K* pueden ser considerados como conceptos metateóricos primitivos, ellos, sin embargo, están formalmente relacionados con los modelos potenciales $M_p$ siendo la noción de $M_p$ una noción básica privilegiada. Es así como:

*(i)* $M \subseteq M_p$;

(ii) Existe una función muchos-uno ["*many-one*"], la función restricción o recorte **r,** que, como su nombre lo indica, lo que hace es "recortar" los términos *T*-teóricos en el conjunto $M_p$ para obtener el conjunto $M_{pp}$. Formalmente, **r**: $M_p \rightarrow M_{pp}$;

[4] Por estructuralismo metateórico estándar nos referimos a la propuesta metateórica que aparece en Sneed, y principalmente en Balzer, Moulines y Sneed.

(iii) $C \subseteq Po(M_p)$;
(iv) Para todo $\lambda \in L$, existe un $M_p \neq M_p$ tal que $\lambda \subseteq M_p \times M'_p$;
(v) $A \subseteq U\ P_o(M_p \times \times M_p)$ (Moulines, "Structuralism 7-8).

En la propuesta estándar del *EM*, la formulación de la aserción empírica, (enunciado Ramsey-Sneed) que acompaña la teoría *T* es una afirmación que expresa la existencia de extensiones o complementos teóricos "adecuados" de las estructuras *T*-no teóricas que satisfacen las leyes y demás restricciones que impone la teoría (*C* y *L*) y, por tanto, se pueden considerar como modelos actuales *M* de la teoría *T*.

Si tenemos un $M_p$ lo que hace la función restrictiva o de recorte **r** es generar un $M_{pp}$ por la eliminación de las funciones *T*-teóricas en el modelo $M_p$. Formalmente: $M_{pp} = def \{y I \exists x \in M_p : y = \mathbf{r}(x)\}$ o en forma más resumida: $M_{pp} =_{def} \mathbf{r}(M_p)$.

Sin embargo, la inversa de la función **r,** a saber $\mathbf{r}^{-1}$, lo que hace es complementar un modelo parcial $M_{pp}$ mediante la adición en este de funciones *T*-teóricas; $\mathbf{r}^{-1}$ no es en sentido estricto una función, pues a cada $M_{pp}$ le corresponde como imagen más de un elemento distinto. Por ejemplo, mientras a cada modelo dinámico $M_p$ (*MCP*) la función **r** le hace corresponder uno y solo un modelo parcial cinemático $M_{pp}$(*MCP*), a cada modelo cinemático $M_{pp}$ (*MCP*) la función inversa $\mathbf{r}^{-1}$ le hace corresponder varios modelos dinámicos $M_p$ (*MCP*). Siendo así, la complementación de las estructuras no-teóricas mediante términos/conceptos teóricos como lo propone la aserción empírica sería una relación uno-muchos ["*many-one*], mas no una función.

### 4. Los MDs en las teorías empíricas y la aserción empírica

Como lo plantea Balzer (*Teorías empíricas* 288-292), los *MDs*, junto con las aplicaciones intencionales *I*, constituyen el componente empírico básico de la teoría (elemento teórico) *T*. Para ello propone la siguiente definición modelística de teoría empírica en la que, además del núcleo *K* y de las aplicaciones intencionales *I* de que habla de *EM* estándar como componentes del par ordenado que identifica la teoría (elemento teórico) *T*, introduce el conjunto de modelos de datos *MDs* y una función $\Psi$ necesaria para coordinar la estructura de datos *MD* y, de ese modo, los datos, con los sistemas reales de los que proceden, i.e., para identificar el sistema real del que se recolectaron tales datos, de tal manera que:

*(i)* $MD \subseteq M_{pp}(K)$, donde *MD* es un conjunto finito no vacío y,

(ii) $\Psi: MD \rightarrow I$, donde tal función no es necesariamente inyectiva, pues un sistema real puede dar origen a varias estructuras (modelos) de datos *MD* distintos.

(iii) En consecuencia, si para el *EM* estándar $T = <K, I>$, para Balzer $T= <K, I, MD, \Psi >$.[5]

Los *MDs*, como los *I*, son una subestructura de los $M_p(T)$: $MD \sqsubset M_p$, como ya lo vimos, i.e., una subestructura que satisface únicamente los axiomas para los términos *T*- no teóricos que representan la base (relativa) de datos para *T.* Ellos, al igual que los *I,* no serían formalmente caracterizables, sino solo pragmáticamente, como lo entrevió Suppes al hacer referencia a los modelos de datos *MDs* del experimento. Determinar si una aplicación intencional *I* o un sistema de datos *MD* son estructuras (especies de estructuras) de un elemento teórico *T,* es algo en lo que los científicos y las comunidades científicas, con base en las teorías, deben acordar y no algo que pueda decidirse apriorísticamente. Lo único que a lo sumo formalmente podemos decir del modelo de datos *MD* de una teoría *T* es que si $MD \neq \emptyset$, entonces *MD* es una subestructura finita de un $M_p$, i.e., $MD \sqsubset M_p$, o que es un subconjunto de un $M_p$, i.e., $MD \subseteq M_p$

Lo que muestran los componentes *MD* e *I* del elemento teórico *T es* que entre la superestructura teórica de las teorías empíricas y su infraestructura o base empírica existe una estrecha relación y que es mediante esta infraestructura o base empírica como es posible establecer si el elemento teórico *T* es empíricamente adecuado, i.e, si los distintos sistemas intencionales *I* que, al igual que los *MD,* son uno de los $M_{pp}$ a los que las constricciones del núcleo *K* determinan a nivel empírico. Lo que esta expresa es que en ciertos sistemas empíricos descritos *T*-no teóricamente que contienen datos producto de la observación medición y del experimento, sus valores coinciden (así sea aproximadamente) con los valores que deberían tener si en dichos sistemas empíricos estuviesen presentes términos *T*-teóricos de la manera como lo establecen las leyes y demás restricciones. En caso de "coincidencia", así sea en un grado de aproximación *A,* los sistemas empíricos resultan "subsumibles" o "encajan" en *T* al satisfacer las constricciones que impone *T*. La forma lógica de la aserción empírica es "$I \in Con$", lo que significa que el dominio de aplicaciones pretendidas ***I*** que hace parte del contenido contrastacional empírico, i.e., que uno de los $M_{pp}$ de *T*, a saber ***I***, *satisface*

[5] En Balzer (*Teorías empíricas*), el conjunto de modelos (estructuras) de datos *MD* se representa como *D,* pero eso no altera nuestra exposición.

-como diría Tarski- las constricciones que establece *T* cuando en éste se incorporan componentes *T*-teóricos. Cuando esto ocurre, la aserción empírica que acompaña la teoría es verdadera y, derivativamente, la teoría *T* también lo es.[6]

Esta forma de concebir la aserción empírica que, para el estructuralismo presupone la distinción *T*-teórico/*T*-no teórico, resulta fundamental para la reconstrucción de teorías y para la formulación del enunciado Ramsey que, en la reconstrucción que de él hace Sneed, no tiene un carácter monomodélico, sino plurimodélico, como se desprende del carácter *holista* de las teorías defendido por él en su obra fundacional del *EM* en 1971, donde expresamente reconoce que su enfoque está de acuerdo, al menos superficialmente, con la concepción holista que Duhem había propuesto para las teorías físicas y más recientemente Kuhn para las teorías científicas en general.[7] En sus palabras: "La aceptación o rechazo de una teoría es una decisión de todo o nada" (Sneed 70).

Para él, la reconstrucción de cualquier teoría empírica *T* (objetivo central de su programa de investigación metateórico) implica establecer cuáles términos son *T*- teóricos y cuáles no, como se pone de presente en la aserción empírica, donde los *MDs* que intervienen en los experimentos de las distintas aplicaciones *I* de *T* son un subconjunto de los modelos parciales ($MD \subseteq M_{pp}$) y, como éstos, poseen el mismo tipo lógico, pues se trata de sistemas descritos *T*-no teóricamente a partir de observación, medición, etc. De acuerdo con Sneed, la reconstrucción de las teorías permite establecer cuáles términos son *T*-teóricos y cuáles no y con los últimos (los *T*-no teóricos) establecer los $M_{pp}$ entre los que se encuentran las aplicaciones intencionales *I* y los modelos de datos *MDs* de las teorías, toda vez que se trata de estructuras descritas *T*-no teóricamente.

## 5. Críticas de Balzer y Gähde

Balzer ("Theoretical Terms") advierte que el criterio pragmático sneedeano de *T*-teoricidad presenta "una grave desventaja *práctica*", pues resulta difícil de aplicar en teorías como la mecánica ondulatoria y

[6] Atendiendo a la atinada observación hecha por José Díez Calzada, lo que interesa para la contrastación de las teorías son las aplicaciones intencionales *I* y son ellas las que realmente deben hacer parte de la estructura de la teoría, pues los *MDs* y la función ψ de la que habla Balzer, solo se refiere al modo como se obtienen los datos que son producto de la observación y de la medición y que, en el experimento, pasan a convertirse en el componente *T*-no teórico característico de *I* en tanto subconjunto de $M_{pp,}$ toda vez que $I \subseteq M_{pp}$.

[7] Llama la atención que es el texto de 1771 Sneed no haga referencia al holismo extremo de Quine.

la teoría general de la relatividad, en razón de su complejidad teorética. Afirma que, en estos casos, "es muy difícil descubrir cuál de sus términos son teóricos". Esto, para él, constituye "un obstáculo que en la práctica impide la aplicación del modelo estructuralista a tales teorías –teorías que son bastante claras en todos los demás aspectos" (Balzer, "Theoretical Terms" 154). De ahí, como lo veremos más adelante, que él considera que tal distinción debe eliminarse de la noción de teoría, al menos en algunos casos, lo que llevaría a replantear la noción misma de "aserción empírica".

Ya antes, en Balzer (*Teorías empíricas*) había señalado dos difíciles problemas que, en su opinión, hacen que el enfoque de Sneed se vea afectado:

(i) Los modelos no-teóricos son estructuras infinitas y, por tanto, resulta imposible determinar una estructura no-teórica (como la estructura de datos *MD*) mediante observación y medición, pues nosotros solo podemos realizar un número finito de estas. Si la cardinalidad del dominio de la estructura no-teórica es infinita, las funciones y/o relaciones estarían definidas (tipificadas) sobre un número infinito de objetos que serían sus argumentos, de suerte que sus valores constituirían un conjunto infinito y, por tanto, imposible de determinar. En consecuencia, no es posible que podamos conocer *todos* los valores de las funciones *T*-no teóricas que son las que, para la concepción estructuralista estándar,[8] utilizamos para describir la estructura (modelo) de datos *MDs* y las aplicaciones intencionales *I* como subestructuras de los modelos potenciales $M_p$. En esta concepción, con razón, las estructuras de datos son subestructuras (parciales) finitas de modelos potenciales $M_p$ finitos, de suerte que ellas y sus valores, producto de la determinación (medición), representan un conjunto circunscrito y bien delimitado de datos empíricos relevantes para la teoría de que son datos y no un conjunto infinito de datos como según Balzer, acontece en muchas teorías reales donde todo modelo no teórico es una estructura infinita. Este carácter de infinitud en la cardinalidad del dominio de base la teoría (elemento teórico) *T* hace imposible poder establecer el valor de verdad de la aserción empírica y, derivativamente, el valor de verdad de la teoría y, por lo tanto, no se podría saber si la teoría empírica es adecuada, i.e., si satisface sus constricciones, pues la aplicación del concepto de "modelo parcial $M_{pp}$" supone que *todos*

[8] Por "estructuralismo estándar me refiero fundamentalmente a la propuesta original de Sneed e incluso a la defendida por Balzer, Moulines y Sneed.

los valores de las funciones *T*-no teóricas sobre un número infinito de argumentos sean conocidas, algo que –como ya vimos- es imposible. No obstante, en el caso de teorías empíricas (como es el sinnúmero de teorías reconstruidas de conformidad con la metodología estructuralista las estructuras (modelos) de que estas teorías tratan, son finitas, pues sus conjuntos de base (mal llamados "ontología" de las teorías) poseen una cardinalidad finita.

Gähde (*Holism and*) en su discusión de la aserción empírica de la versión estructuralista estándar y de la manera como esta caracteriza los $M_{pp}$ coincide con Balzer en la imposibilidad de determinar completamente la estructura de datos *MD* que acompaña a las aplicaciones intencionales *I* de las teorías al reconocer, como éste, que la estructura de los $M_{pp}$ es infinita, mientras que los datos que efectivamente se determinan mediante observación y medición son finitos, de tal modo que, en cualquier caso, la información obtenida sería incompleta. Siendo así, de modo caritativo lo que se podría decir es –como lo hace Lorenzano– que lo que la aserción empírica afirma es:

> que ciertos sistemas empíricos descritos *T*-no teóricamente, y que contienen propiamente a los modelos de datos [*MDs*] tiene el comportamiento que las restricciones legales determinan en el nivel *T*-no teórico, es decir, que todo sistema propuesto dado *y*, en donde *y´* es u*na estructura de datos* (o un *modelo de datos*) que es subestructura finita de *y*, puede ser, añadiendo un conjunto de componentes *T*-teóricos a la parte *T*-no teórica de *K*(*T*), extendido a, o inscrustado (subsumido) en, un modelo *M*(*T*), que cumple con las condiciones de ligadura *C*(*T*) y con los vínculos interteóricos *L*(*T*). (Lorenzano 83)

No obstante, si se aceptara la infinitud de la estructura de datos, en muchos casos resulta, –como dice Gähde– una "suposición ficticia" ["*fictitious assumption*"] asumir que *todos* los valores de las funciones *T*-no teóricas son conocidos, pues normalmente las funciones se definen para un número infinito de argumentos, como sucede con la función *posición* en la física clásica, de la que sólo tenemos un número finito de medidas disponibles. Esto lo ilustra Gädhe con la observación de la órbita de los cometas en la que sólo pequeñas observaciones de éstas son realizadas debido al tamaño pequeño de esos objetos, a la dificultad de observarlos cuando están lejos y, por supuesto, cuando están detrás del Sol. Este caso se repite en muchas otras situaciones experimentales, de suerte que el número del conjunto de datos que Balzer, Lauth y Zoubek bautizaron con el nombre de "subestructuras de los modelos potenciales", es incompleto (Gädhe, *Holism and* 171).

No obstante, aunque los *MDs* disponibles no sea absolutamente completos y contengan *todos* los datos (como se desprendería de la noción de infinitud que acompaña las estructuras de datos), los que son indispensables en un sistema intencional *I* son siempre bien delimitados y en ellos (y esta es una de las objeciones al estructuralismo estándar) no sólo hay valores de parámetros o componentes *T*-no teóricos, sino también de algunos parámetros o componentes *T*-teóricos.

Es conveniente aclarar que ni la estructura o modelo de datos *MD* ni las aplicaciones *I* que los contienen son algo "dado", sino el resultado de esfuerzos sistemáticos de observación, medición y experimentación llevados a cabo por científicos o por comunidades científicas. Ellos no son –como piensan los realistas metafísicos y/o ontológicos- algo "dado", sino algo humanamente constituido que supone el concurso de teorías que, para el caso del estructuralismo estándar son, para los *MDs* que corresponden a las aplicaciones *I,* las distintas teorías que intervienen en la recolección de dichos datos que, al ser distintas del elemento teórico *T* en cuestión, no hacen parte del componente *T*-teórico, i.e., se trata de descripciones *T*-no teóricas aunque, como vimos, en la modificación que se propone de la aserción empírica del *EM* estándar, en algunos casos intervendrían parámetros *T*-teóricos, con lo que dichas descripciones no serían exclusivamente *T*-no teóricas, como lo proponen Balzer (*Teorías empíricas*) y Gädhe (*Holism and*).

(ii)La otra dificultad advertida por Balzer (*Teorías empíricas*) tiene que ver con la *distinción* entre términos *T*-teóricos y *T-no teóricos,* pues "resulta complejo alcanzar una visión panorámica de *todos* los modelos de medida" (300). Más aún, añade que "[N]o es por ello aconsejable incorporar esta distinción como componente fijo dentro del concepto general de teoría" (300), como lo hace el criterio de *T*- teoricidad de Sneed que un término *t* de una teoría *T* es teórico con respecto a *T* si y solo si en *toda* aplicación de *T* cualquier método de medida para *t presupone T*. Lo que exige Sneed es que *todos* los representantes de sistemas reales, i.e., las aplicaciones intencionales *I,* tengan la forma de modelos no-teóricos, algo que solo se puede establecer cuando sepamos qué términos de la teoría son teóricos o, para ser más precisos, *T-teóricos.*

Para Balzer (*Teorías empíricas*) no es necesario presuponer que todos *los* modelos parciales $M_{pp}$ contengan siempre, de manera completa, todas las funciones y/o relaciones *T*- no teóricas o, lo que es equivalente, que en ellos no aparezcan funciones y/o relaciones *T*-teóricas. Es por ello por lo que Balzer, en vez de proponer un criterio de *T*-teoricidad que se refiera a *todas* las relaciones y/o funciones *T*-teóricas, lo circunscribe la *i*-ésima relación y/o función:

> **(D)** "La *i*-ésma relación [función] es *T*-teórica *syss.* existe un modelo de medida *y* para la *i*-ésima relación que es a la vez un modelo" (p. 300).

La aplicación de este criterio es, para Balzer, más fácil que el de Sneed, pues sólo se exige examinar si entre los modelos actuales de *T* existe al menos un modelo de medida $M_m$ para la *i*-ésima relación, i.e., un modelo en el que esta relación [función] está unívocamente determinada y no para *todas* las aplicaciones intencionales *I.*

U. Gähde precisa aún mejor este segundo punto al referirse a la naturaleza holista de las teorías empíricas. Él, al igual que otros defensores del estructuralismo metateórico *EM*, defiende una forma de *holismo moderado,* no *extremo* o *ilimitado* como el de Duhem y del mismo Quine que se refieren a la *totalidad* del conocimiento implicado o presupuesto por la teoría. La propuesta holista de Gädhe no hacer referencia a la *totalidad* del conocimiento. Destaca el hecho de que, en el desarrollo de las teorías, su aplicación a los sistemas físicos únicamente involucra las leyes fundamentales, las leyes especiales, las hipótesis auxiliares y las condiciones iniciales, lo que, en su opinión, obliga a reconsiderar la aserción empírica que acompaña la teoría, no solo en relación con *un* elemento teórico *T,* como podría ser el caso del elemento teórico básico $T_o$ de una red arbórea $N_i$, siendo $i \in IN$ , sino con relación a toda la red teórica *N* definida como el conjunto de elementos teóricos parcialmente ordenado por la relación de especialización σ.[9] Formalmente: *N* = $N = \langle \{T_i\}, \sigma \rangle$ donde (i) $\{T_i\}$ es un conjunto finito no-vacío de elementos teóricos y, (ii) σ una relación de especialización sobre $\{T_i\}$. A cada red teórica $N_i$ le corresponden un conjunto $I_{Ni}$ de aplicaciones pretendidas que es la unión de los dominios $I_i$ de los elementos del conjunto $\{T_i\}$ que le corresponden.

[9] La red teórica *N* es un conjunto parcialmente ordenado, pues la relación de especialización, definida sobre un conjunto de elementos teóricos, es reflexiva, antisimétrica y transitiva. Ella ordena parcialmente el conjunto de elementos teóricos.

En el estructuralismo estándar, las aplicaciones intencionales de las teorías empíricas, tanto las aplicaciones primarias, i.e., las primeras aplicaciones de la teoría, como las aplicaciones secundarias, i.e., las distintas aplicaciones a nuevos fenómenos, están descritas *T*-no teóricamente, i.e., mediante funciones o relaciones cuya determinación (medición), en principio, no presuponen las leyes de *T,* i.e., los modelos actuales *M* (*T*) o, como dice Gädhe (1993), las "aplicaciones primarias" que son aquellos sistemas empíricos a las que los usuarios de la teoría por primera vez intentan aplicarla, de las "secundarias" que tienen que ver con las nuevas aplicaciones (distintas de las anteriores) que corresponden a la evolución de la teoría. En el primer caso las descripciones de los sistemas empíricos se hacen apelando a un vocabulario *T*-no teórico o, como él lo dice, "en términos de alguna pre-teoría (o con la ayuda del lenguaje cotidiano)" (Gädhe, *Holism and* 172). En el segundo caso –y eso se aparta de la propuesta estándar de la teoría– a menudo los sistemas empíricos se describen echando mano, además, de funciones teóricas o, mejor, de los valores de funciones teóricas ya conocidos. Esto lo ilustra Gädhe con el caso de la mecánica clásica de partículas (*MCP*). Afirma que cuando por primera vez fue aplicada a los sistemas astronómicos, tales aplicaciones fueron descritas especificando los correspondientes conjuntos de objetos y los valores de la función *posición* (función *MCP*-no teórica) que, según Gädhe, "habían sido determinados por observaciones anteriores" (172), como sucedió con la aplicación de la *MCP* para describir la órbita de Júpiter alrededor del Sol. Sin embargo, considera que la situación es diferente cuando se aplica a nuevos sistemas, como sucedió algún tiempo después con el descubrimiento de Amalthea, una pequeña luna que orbita alrededor de Júpiter, pues, tan pronto como se hizo este descubrimiento por parte del astrónomo Edward Emerson Bernard, su movimiento orbital alrededor del planeta fue objeto de análisis y el valor de la masa de Júpiter fue asumido con ya conocido, como sucede con los valores de muchas funciones *T*-teóricas en las distintas aplicaciones de las teorías, como lo señalan Balzer, Lauth & Zoubek, solo que, para estos autores, el conjunto de modelos parciales $M_{pp}$ se identifica con el conjunto de subestructuras de los modelos potenciales $M_p$, algo que Gädhe considera equivocado, justamente porque para él, la diferencia entre aplicaciones primarias y aplicaciones secundarias es fundamental, pues las primeras son descritas únicamente mediante funciones *T*-no teóricas, mientras que las segundas involucran los valores de términos *T*-teóricos. Esto, en opinión de Gädhe, hace más realista la representación del conjunto de aplicaciones *I* de las teorías empíricas, ya que no sólo se tienen en cuenta las $I$ del elemento teórico básico $T_o$ de la red teórica $N$, sino el conjunto de *todas* las aplicaciones de los elementos teóricos (holismo) de la red teórica $N$ y sus correspondientes aserciones empíricas en las que la dicotomía $T$-teórico/$T$-no teórico, se mantiene.

Para expresar la diferencia respecto de las aserciones empíricas de las aplicaciones secundarias en las que en la extensión de las aplicaciones intencionales intervienen funciones $T$-teóricas que dan lugar a modelos distintos, incluso contradictorios, Gädhe trae a colación el caso de dos elementos teóricos especializados$T_1$ y $T_2$ de una red teórica $N_i$:

(i) en $T_1$, $z$ es extendido a un modelo $x_1$ del correspondiente conjunto de modelos (actuales) $M_1$;
(ii) en $T_2$, $z$ es extendido a un modelo $x_2$ del correspondiente conjunto de modelos (actuales) $M_2$:
*(iii)* $x_1 \neq x_{2.}$

Para Gädhe, "como los modelos $x_1$ y $x_2$ [modelos potenciales] son idénticos con respecto a todos los términos no teóricos, ellos tienen que diferir al menos con respecto a una función teórica" (Gädhe, *Holism and* 176).

Lo anterior se puede comprender mejor si se adopta la que, para Moulines (*Exploraciones*) es la forma y la función de las leyes fundamentales como "principios-guía". Para la presentación de esta idea que, entre otras cosas iba orientada a precisar la noción kuhniana de "generalización simbólica" como uno de los componentes de su noción de "matriz disciplinar" (Kuhn), lo que hace Moulines es introducir un cuantificador existencial para las reconstrucciones lógicas de los principios-guía y que ilustra con el Segundo Principio de Newton y con ley fundamental de la termodinámica de sistemas simples, la ley de Gibbs. Con la introducción del cuantificador existencial lo que se logra es debilitar el contenido empírico de las teorías, haciendo que sus leyes fundamentales resulten inmunes a cualquier refutación popperiana o a cualquier confirmación carnapiana salvo que vayan acompañadas de leyes o hipótesis especiales.

En la reconstrucción lógica del Segundo Principio de Newton, la cuantificación existencial es una cuantificación de segundo orden (superior), pues las variables que como argumentos caen dentro del alcance del cuantificador existencial no son funciones, sino los funcionales $f_1,\ldots f_{n,}$ pues dependen o están en función de distintos parámetros (vectoriales o escalares) como coordenadas espaciales, instantes, velocidades, masas, cargas eléctricas, polos magnéticos, coeficientes de fricción, etc. que, a su vez, son funciones de variables individuales, particularmente partículas e instantes, de tal manera que, según la aplicación *I* se hablara del funcional $f_i$ o como una función lineal de la distancia o del tiempo, como una función cuadrático inversa de la distancia o como una función exponencial de la velocidad, etc. El tipo y naturaleza de la fuerza específica $f_i$ dependerá del tipo de parámetro seleccionado. De la elección del tipo de funcional fuerza con base en la aplicación intencional *I* que interesa, dependerá el tipo de ley especial de la *MCP* que se utilice y la posibilidad de la contrastación de la *MCP*.

Kuhn, al hacer referencia al Segundo Principio de Newton, habla de que su formulación tiene el carácter de "un esbozo de ley" o de "un esquema de ley" y muestra cómo se convierte en una ley especial en las distintas aplicaciones. Al respecto escribe:

> Para el caso de caída libre, $f = m.a$ [forma inexacta de presentación el Segundo Principio de Newton] se convierte en $mg = m.\ d^{2/}s/dt^2$; para el péndulo simple se transforma en $mg.sen\ \theta = -ml.\ d^2s/dt^2$; para una pareja de osciladores armónicos que actúan uno sobre otro se convierte en dos ecuaciones, la primera de las cuales puede escribirse así: $m_1.\ d_2s_1/dt_2 + k_1s_1 = k_2(s_{2\ -}\ s_1 + d)$; y para situaciones más complejas tales como las del giróscopo toma otras formas cuyo parecido familiar con $f = m.a$ es todavía más difícil de descubrir. (Kuhn 289)

Moulines reconstruye así el Segundo Principio de Newton como ley fundamental de la *MCP*:

> Dados *P* y *T*: Existen *n* funcionales vectoriales $f_i, \ldots, f_n$ (en $IR^3$) y *m* funciones (escalares o vectoriales) de *P, T*, $g_1, \ldots, g_m$, tales que; para cada *p* en *P* [$p \in P$] y *T* en *T* [$t \in T$] se cumple:

$$\sum_{i=1}^{n} f_i(g_1(p,t),\ldots,g_m(p,t) = m(p).\ D_t^2 s(p,T).$$

Como se puede observar el *i*-ésimo funcional (una fuerza determinada) y *i*- ésima función (un parámetro determinado) de la que depende el *i*-ésimo funcional quedan *indeterminados*. Es la conjunción de la ley fundamental (principio-guía) con las distintas leyes especiales de elementos teóricos especializados de la red teórica *N* como es posible establecer de qué fuerza estamos hablando en función de qué parámetro. La función de las leyes fundamentales como principios-guía queda reducida a una función heurística no menos importante: sirve para el descubrimiento de leyes especiales de la *MCP*.

Estas mismas reflexiones las extiende Moulines (*Exploraciones*, *Basic core*) a la termodinámica de sistemas simples (la termodinámica gibbsiana) donde la ley fundamental expresa que:

$$\forall e \in E, \forall \sigma \in \Sigma, \forall z \in Z :< \sigma, z > \hat{\in} e = \sum f^{s}(U_{\sigma}(z), V_{\sigma}(z), N_{\sigma}(i_1, z), \ldots, N_{\sigma}(i_m, z)),$$

Donde *E* es el conjunto de estados de equilibrio de los que *e* un estado de equilibrio, ∑ el conjunto de sistemas termodinámicos y σ un sistema termodinámico, Z equilibrio, ∈ un sistema termodinámico, *Z* el conjunto de estados del sistema termodinámico y *z* un estado de un sistema termodinámico, $f^s$ es el funcional entropía cuyos valores como función de estado (como en el caso del funcional *fuerza* en la *MCP*) dependen de los valores de las funciones de la energía interna *U,* el volumen *V* y del número de moles los moles *N* de cada sustancia. Al aplicar el principio-guía de la termodinámica de sistemas simples (ley de Gibbs), se trata de encontrar una forma apropiada del funcional $f^s$ que dé lugar a alguna ley especial para los distintos sistemas simples en equilibrio, como la Ley de Gay-Lussac, o la Ley de Van der Waals, o la Ley de Stefan. Gracias a ellas y a la determinación del funcional $f^s$ y de los parámetros apropiados en cada sistema simple, es posible realizar la comprobación o adecuación empírica de la termodinámica, de modo análogo a como se hace con las distintas leyes especiales de la mecánica, como la Ley de gravitación, la Ley de Coulomb, la Ley de Hooke, etc. Como se puede observar, en la reconstrucción de la ley fundamental de la termodinámica de los sistemas simples como principio-guía quedan indeterminados los funcionales $f^s$ como las funciones de que dependen, lo que en palabras de Moulines, convierte el principio-guía en una “matriz conceptual de la que se pueden derivar importantes leyes empíricas especializadas. Al igual que en el caso de la *MCP,* el debilitamiento del contenido empírico de la ley fundamental (ley de Gibbs) mediante la introducción de un gran número de cuantificadores existenciales, hace que el principio-guía sea empíricamente irrestricto y, en consecuencia, inverificable e irrefutable por la experiencia.

Si nos retrotraemos a la situación que planteaba Gädhe de dos componentes del funcional *fuerza* del Segundo principio de Newton en un elemento teórico $T_1$ especializado se podría interpretar como una fuerza en función cuadrática inversa de la distancia, i.e., una fuerza gravitacional y en otro elemento teórico $T_2$ como una fuerza en función de la velocidad, i.e., como una fuerza de fricción. En ambos casos se trataría de sistemas empíricos que, aunque son idénticos con respecto a todos los componentes $T$-no teóricos, i.e., respecto de sus componentes cinemáticos, difieren respecto de los componentes *T-teóricos,* i.e., los componentes dinámicos en uno y otro caso.

Si en los casos $T_1$ y $T_2$ los valores de las funciones cinemáticas con los que se describen los sistemas empíricos a los que la *MCP* se aplica coinciden (así sea aproximadamente) con los valores de las funciones $T$-teóricas de las *fuerzas* a las que en cada caso hacen referencia las ley especial de gravitación para cuerpos en caída libre en el vacío y la ley de fricción simple para partículas que se mueven en un fluido poco denso como el aire y si, además, cumplen las condiciones de ligadura $C$ y los vínculos interteóricos especiales, entonces podemos decir que tales sistemas empíricos a los que se pretende aplicar la *MCP* son modelos $M_1$ y $M_2$, de ella, respectivamente, i.e., son subsumibles o encajan en la *MCP*. Nótese (como lo propone la aserción empírica del estructuralismo estándar) que cada aplicación $z_i \in I_i$ es extendida a solo *un* modelo $M_i$ de la *MCP,* a pesar de que lo que hay es un conjunto abierto de modelos de *MCP* en función del conjunto de sus posibles aplicaciones La modificación que propone Gädhe de la versión estándar de la aserción empírica es que, en muchos casos, las aplicaciones empíricas especializadas deben poder ser extendidas a un conjunto de modelos actuales $M$ de una teoría, tal que en ellos las leyes especiales y las demás constricciones (generales y especiales) puedan ser satisfechas por esas aplicaciones extendidas. En suma, la revisión que se propone del enunciado Ramsey-Sneed (enunciado Ramsey revisado) para redes teóricas es que el *Pot* ($M_{pp}(T)$) puede ser extendido a un conjunto de modelos $X_i \in M^i$ ($i$ = 0,1,2, ...), si bien también Gädhe (*Holism and*) habla de que "[e]n muchos casos, algunas o todas las aplicaciones incluso podrían extenderse a un número infinito de modelos" (177), lo con cual $i = \aleph_0$.

Gädhe (*Holism and*) introduce un caso problemático en el que en $T_1$ y $T_2$ las restricciones especificadas para cada uno de los elementos teóricos especializados no se satisfacen simultáneamente por uno y el mismo modelo, como sería el caso de cuerpos en caída libre en los que se tuviera en cuenta un parámetro de fricción, como el aire, cuyo valor depende de las características del sistema dinámico considerado. En el sistema empírico en caída libre en el vacío el primer componente de la función fuerza seguiría la ley de gravitación, mientras que si se introduce fuerza de fricción que ejerce el aire esta ley violaría dicha ley. No obstante, Gähde señala que en la versión que él propone de aserción empírica ésta podría ser verdadera a pesar de que en esta aplicación el tratamiento sea inconsistente. El problema es que uno espera que una teoría empírica aceptable proporcione descripciones teóricas de ciertas aplicaciones que estén en concordancia con los datos de base no teóricos, lo que implica que una y la misma aplicación no sea descrita de diferentes maneras que sean contradictorias entre sí. Sin embargo, en la versión de Gädhe de la aserción empírica este requisito de consistencia, al menos en algunas aplicaciones, es dispensable. Pienso, sin embargo, que si bien los modelos que resultaren de las diferentes extensiones son distintos, de ahí no se sigue que sean contradictorios, simplemente son eso, distintos. Una cosa es un modelo correspondiente a la mecánica clásica de partículas gravitacional para partículas en caída libre en el vacío que incluye, dentro de la ley de gravitación universal, una fuerza dependiente de la distancia y, entre las condiciones de ligadura, la invariancia de la constante de gravitacional universal *g* (9.8 mts/seg$^2$) y otra un modelo de la mecánica clásica de partículas de fricción simple para partículas que se mueven en el interior de un fluido poco denso como el aire que incluye, dentro de la ley de fricción simple, una fuerza dependiente de la distancia y, entre las condiciones de ligadura, la identidad para el coeficiente de ficción *b* dependiendo de las características de cada partícula *p* y del medio *i* donde tiene lugar el movimiento. Son dos modelos distintos, aunque no necesariamente contradictorios. Se trata descripciones distintas el mismo sistema empírico, sólo que en un caso se deja de lado la ficción del medio donde tiene lugar el movimiento de la partícula y en el otro no.

Finalmente me quiero referir a la propuesta de Balzer (*Theoretical Terms*) respecto de la presencia sólo de términos *T*- teóricos en algunas teorías y que llevarían a modificar la aserción empírica.

J.D. Sneed fue el primero en proponer un criterio (pragmático) preciso de *T*-teoricidad atendiendo al rol que los distintos términos juegan en las teorías científicas. Luego Moulines, adicionalmente propuso un criterio (pragmático) de *T*-no teoricidad, según el cual un término *t* es *T*-no teórico *syss.* existe un método de determinación conocido para *t* en alguna teoría *T´* diferente de *T* y algún vínculo *L* desde *T´* a *T* que permita transferir información de realizaciones de *T´* a *T*. En igual sentido, existen otras versiones de *T*-teoricidad como las de Balzer y Moulines (*On Theoreticiy*) Kamlah (*An Improved Defintion*) y Tuomela (*Theoretical Concepts*) que, aunque distintas, tienen en cuenta los métodos de determinación de *t*. Por su parte, Gähde (*Holism and*) evita apelar a cualquier noción pragmática para la distinción *T*-teórico/*T*-no teórico, poniendo especial énfasis –como lo acabamos de ver– en la cooperación que debe darse entre las leyes fundamentales, las leyes especiales, las hipótesis auxiliares, etc., para la determinación (medición) de los valores de las funciones *T*-teóricas, acorde con su defensa de un holismo moderado respecto a las teorías empíricas. Para él, las leyes básicas o fundamentales de una teoría *T* no son suficientes para determinar los términos teóricos, como lo acabamos de ver en el caso de la Segunda Ley de Newton en la *MCP*. En esta teoría, como en otras numerosas teorías que han sido reconstruidas apelando a la metodología del *EM*, los términos *T*-teóricos que se enlazan en las leyes fundamentales quedan indeterminados, lo que garantiza que una teoría como la *MCP* pueda ajustarse a múltiples circunstancias, dadas las múltiples interpretaciones semánticas de que dichos términos son objeto, dependiendo de las múltiples aplicaciones de dicha teoría. Los casos de caída libre en el vacío o cuando la fricción se considera, son ejemplos que ilustran lo anterior. De este modo, la determinación (medición) de los términos *T*-teóricos necesariamente requeriría de la cooperación de leyes especiales y los cambios que en estas se den no afectan a las leyes básicas. En el caso de la física los dos únicos requisitos que se imponen para las leyes especiales es que éstas sean invariantes bajo las transformaciones características del elemento teórico básico, de suerte que las invariancias que imponen leyes básicas se mantengan en todos los sistemas inerciales. La invariancia de Galileo (también conocida como invariancia de Newton) en la *MCP* y la de Lorentz en la mecánica relativista especial que prescriben la transformación de un sistema inercial en otro que fijan la(s) ley(es) fundamentales aunque no son idénticas, deben mantenerse en el nivel de las leyes especiales. La otra invariancia tiene que ver con las invariancias de escala (transformaciones de escala) en el del valor de las funciones métricas.

Uno de los aportes cruciales de la noción estructuralista de teoría (de elemento teórico) fue el haber incorporado en la definición de teoría la noción de aplicación intencional *I,* i.e., haber incorporado en dicha definición la representación modelo-teórica de los sistemas reales a los que los usuarios de la teoría (científicos o comunidades científicas) pretenden aplicarla y, de ese modo, garantizar su anclaje en la experiencia. Este dominio de aplicaciones *I* y los modelos de datos *D* a ellos ligados, varía –como dice Balzer (*Theoretical Terms*)– en el grado de comprehensividad, pues va desde la consideración de leyes o hipótesis aisladas como la ley de gases ideales o la ley de Ohm, hasta leyes fundamentales como la Segunda Ley de Newton o la Segunda Ley de la Termodinámica o en caso extremo a teorías máximamente comprehensivas como la Gran Teoría Unificada (*GUT,* por sus siglas en inglés) o la Teoría del Todo (*TOE,* por sus siglas en inglés) que, en caso de darse, unificaría las dos teoría físicas más importantes hoy día: la teoría de la relatividad y la teoría cuántica y, quizás, la teoría de cuerdas y supercuerdas, etc.

La tesis de Balzer (*Theoretical Terms*) es que, tanto en el caso de hipótesis o teorías aisladas como los que acabamos de mencionar, al igual que los casos de las teorías máximamente comprehensivas, todos los términos que en dichas leyes se enlazan son términos *T*-teóricos, pues “tales teorías deben ´contener´ *todos* los métodos de medida para *todos* sus términos” (Balzer, *Theoretical Terms* 155), i.e., que cualquier método de determinación (medición) *x* de *t* en cualquier aplicación de *T,* presupone que *x* es un modelo actual de *T.*

Tal tesis no sólo contradice la propuesta original de Sneed y, en general, del estructuralismo estándar al reconocer que la distinción *T*-teórico/*T*-no teórico es decisiva para la reconstrucción lógica de las teorías y, en particular, para la formulación de la aserción empírica (enunciado Ramsey-Sneed), máxime cuando estas se conciben como redes teóricas *N.* En efecto, la aserción empírica que acompaña la teoría *T presupone* dicha distinción, pues en ella se afirma la existencia de complementos teóricos ‘adecuados’ de las estructuras de datos *MD* que en la base empírica de la teoría acompaña las aplicaciones intencionales *I qua* modelos parciales $M_{pp,}$ y que gracias a dicha complementación teórica, podemos establecer si efectivamente son modelos o no de la teoría.

Balzer reconoce que dos de los tres tipos de aplicaciones intencionales mencionados antes claramente no contienen una interesante distinción entre términos *T*-teóricos y *T*-no teóricos; son "hipótesis aisladas" en la que no se da dicha distinción, pues, en estos dos casos, *todas* las descripciones de sus aplicaciones intencionales son hechas con términos *T*-no teóricos.

Ciertamente, la teoría (elemento teórico) de gases ideales es una especialización de la termodinámica de sistemas simples y las variables macroscópicas de *presión* y *volumen,* que, junto con la de *temperatura* aparecen enlazadas en la ley especial de Boyle correspondiente, son *T*-no teóricas si se apela al criterio estructuralista de métodos de determinación (medida) para la distinción *T*-teórico/*T*-no teórico, por no hablar de los conjuntos de base de dicha teoría, i.e., los sistemas y estados de los sistemas sobre los que se tipifican los conceptos relaciones, que, aunque son cualitativos y, por tanto, no mensurables, se puede decir que son *T*-no teóricos, pues su determinación no presupone la teoría. Son nociones de "bajo nivel teórico" que no implican la termodinámica.

Respecto de la ley de Ohm como hipótesis aislada y de las teorías comprehensivas como la "gran teoría unificada" *GUT* que unificaría tres de las cuatro fuerzas de la naturaleza (*nuclear débil, nuclear fuerte, electromagnética y gravitacional*) y la "teoría del todo "*TOE* que consideraría las cuatro interacciones, todos sus términos son *T*-teóricos. Esto necesariamente llevaría a repensar la aserción empírica en la versión estructuralista estándar y a proponer –como lo hace Balzer (*Theoretical Terms*) – una versión "más liberal" de la dicha aserción en la que, para un subdominio importante e interesante de aplicaciones intencionales las descripciones son *T*-teóricas. Su propuesta, en estos "casos extremos" como los denomina Balzer es que los $M_{pp}$ no son *subestructuras parciales* de los $M_p$, pues sus términos son *T*-teóricos, lo cual plantea problemas para la formulación de la aserción empírica de teoría y para la misma noción de aplicación intencional *I,* tal como esta se concibe en el estructuralismo estándar. Así, si hay *subestructuras parciales* $M_{pp}$ de las *estructuras* $M_{p}$, y los $M_{pp}$ son descritas únicamente en términos *T*-teóricos, entonces tales subestructuras parciales son del mismo tipo lógico que los $M_p$. En estos casos límite mencionados por Balzer, la descripción de los $M_{pp}$(que como subconjunto incluye todas las aplicaciones intencionales *I*) no apela únicamente a un vocabulario no teórico, sino a todo el vocabulario teórico (Lorenzano 77). Más aún, frente a la noción generalizada de aserción empírica puramente informal (que no incluye las condiciones de ligadura *C* y los vínculos interteóricos *L*), Balzer propone una noción liberalizada en la que, por todo lo anterior, no se requería la extensión de los $M_{pp}$ mediante funciones *T*-teóricas.

El problema, sin embargo, es como evitar la *autojustificación*, pues si el conjunto de aplicaciones $I^* \subseteq M$, la justificación de esto no se puede ni refutar ni confirmar, pues para ello habría que determinar (medir) los componentes teóricos de $I^*$ y esto sólo es posible, de conformidad con el criterio de *T*-teoricidad, si de antemano presuponemos que determinados modelos potenciales (los modelos de determinación $M_D$) son ya modelos, lo que llevaría a una petición de principio; en estos casos, los datos disponibles en los sistemas o aplicaciones intencionales sistematizados bajo la forma de estructura de datos *MD,* serían teóricos.

## A modo de conclusión

Como lo ha destacado Balzer en varios de sus escritos, los modelos de datos *MD* no son un componente accesorio de la identidad de los elementos teóricos *T* y de las redes teóricas *N*. Ellos, al igual que las aplicaciones intencionales *I,* aunque no son formalmente definibles y poseen un carácter pragmático, son fundamentales para establecer la relación entre las estructuras teórico-formales de las teorías y la realidad empírica y, por esa vía, establecer si la teoría empírica es adecuada o no.

Los modelos o estructuras de datos, al igual que las aplicaciones intencionales, no necesariamente tienen que tener como componentes términos/conceptos *T*-no teóricos, pues como lo vimos al final, pueden existir algunos casos extremos de hipótesis aisladas (como el caso de la Ley de Ohm) o de teorías comprehensivas y omniabarcantes (como las aún hipotéticas teorías *GUT* y *TOE*), en las que sus componentes sean *todos* *T*-teóricos, con los consecuentes problemas de autojustificación. La respuesta, sin embargo, es que tales teorías máximamente comprehensivas que parecían estar a la vuelta de la esquina aún no han sido suficientemente elaboradas como para afirma que todos los métodos de determinación de sus términos presuponen la validez de la teoría. Todavía tendríamos que esperar a que esto se dé y, de ese modo, llevar a cabo su reconstrucción axiomática para establecer a ciencia cierta si la distinción *T*-teórico/*T*-no teórico es dispensable y si se hace necesario revisar la aserción empírica que propone el *EM* en su versión estándar.

## Referencias


Balzer, Wolfgang. "On a New Definition of Theoreticity". *Dialectica* 39. 2. 1985: 127-145. Print.

---. "Theoretical Terms. A New Perspective". *The Journal of Philosophy* 83, 2. 1986: 71-90. Print.

---. "Theoretical Terms: Recent Developments". Eds. W. Balzer and C.U. Moulines, 1996. 139-166. Print.

---. *Teorías empíricas: modelos, estructuras y ejemplos.* Madrid: Alianza, 1996. Impreso.

Balzer, Wolfgang, Bernhard Lauth and Gerhard Zoubek. "A Model of Science Kinematics". *Studia Logica* 52. 1993: 519-548. Print.

Balzer, Wolfgang and Carlos Ulises Moulines. *Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results.* Berlin: de Gruyter, 1966. Print.

Balzer, Wolfgang, Carlos Ulises Moulines and Joseph D. Sneed *An Architectonic for Science. The Structuralist Program,* Dordrecht: Reidel, 1987. Print.

Balzer, W., Joseph D. Sneed and Carlos Ulises Moulines *Structuralist knowledge Representation. Paradigmatic Examples.* Amsterdam-Atlanta: Rodopi, 2000. Print.

Díez, José A. y Carlos Ulises Moulines. *Fundamentos de filosofía de ciencia.* Barcelona, Ariel, 1997. Impreso.

Gädhe, Ulrich. "A Formal Approach to the Theory-Dependent Measurement". *Philosophia Naturalis* 21, 1984: 266-272. Print.

---. "Innertheoretical Conditions for Theoretical Terms". *Erkenntnis* 32, 1990: 215-233. Print.

---. "Holism and the Empirical Claim of Theory-Nets". Eds. Balzer, W. and C.*U.* Moulines. *Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results,* Berlin: de Gruyter, 1996: 167-190. Print.

---. "Holism, Underdetermination, and the Dynamic or Empirical Theories". *Synthese* 130. 2002: 69-90. Print.

Kamlah, A. "An Improved Definition of ´Theoretical in a Given Theory. *Erkenntnis,* 10. 1976: 349-359. Print.

Kuhn, Thomas Samuel. "Postscript-1969". In *The Structure of Scientific Revolutions.* Chicago: U. of Chicago P.2ª ed. aumentada, 1970: 174-210. Print.

Lorenzano, Pablo. "Base empírica *global* de contrastación, base empírica *local* de contrastacion". *Agora* 31, 2. 2012: 71-107. Impreso.

Moulines, Carlos Ulises. *Exploraciones metacientíficas.* Madrid: Alianza Editorial, 1982. Impreso.

---. "Chapter 1: Structuralism: The Basic Ideas". Eds. Balzer W. and C.U. Moulines. 1966. Print.

---. "The basic core of simple equilibrium thermodinamics". Eds. Balzer W. and C.U. Moulines. 2000: 307-332. Print.

---. "Models of Data, Theoretical Models, and Ontology. A Structuralist Perspective". Eds. Hoffmann, M., J. Lenhard, and J.F. Seeger. *Activity and Sign,* New York: Springer, 2005: 325-333. Print.

---. "Explicación teórica y compromisos ontológicos: un modelo estructuralista. *Enrahonar* 37. 2005: 45-53. Print.

Sneed, Joseph D. *The Logical Structure of Mathematical Physics.* Dordrecht: Reidel, 2ª. ed. revisada, 1979. Print.

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

Suppes. P. (1962). "Models of Data". Eds. Nagel, E., P. Suppes, and A. Tarski. *Logic, Methodology and Philosophy of Science: Proccedings of the 1960 International Congress,* Stanford: Stanford U. P., 1962: . 252-261. Print.

Suppes, Patrick. "La estructura de las teorías y el análisis de datos". Ed. P. Suppes.Estudios de Filosofía y Metodología de la Ciencia, Madrid: Alianza, 1988: 125-145. Print.

Tuomela, R. *Theoretical Concepts.* Wien-New York: Springer, 1973. Print.

Woodward, Jim. "Data, phenomena, and reliability. *Philosophy of Science, Supplement 67.* Sept., 2000: 47-76. Print.

**Como citar:**
Jaramillo, Juan Manuel. "Los modelos de datos en las teorías científicas". *Discusiones Filosóficas*. Jul.-Dic., 2018: 87-111. DOI: 10.17151/difil.2018.19.33.7.