

Realismo Estructural y Estructuralismo Metateórico*

Structural Realism and Metatheoretical Structuralism

Por: Juan Manuel Jaramillo Uribe

G.I. Modelos y representaciones en las ciencias formales y fácticas

Ánálisis históricos y conceptuales

Universidad de Quilmes

Buenos Aires, Argentina

E-mail: jaramillo.juanmanuel@gmail.com

Fecha de recepción: 24 de noviembre de 2013

Fecha de aprobación: 14 de mayo de 2014

Resumen. *El realismo estructural, como respuesta a la crítica de la llamada “metainducción pesimista”, postula la persistencia de la estructura matemática de las teorías (no del contenido) en algunos casos (los límites) cuando se producen cambios en la evolución de éstas, de tal modo que el éxito de las teorías posteriores se explica por la retención estructural de las teorías anteriores. Aunque en el estructuralismo metateórico no existe un punto de vista monológico con relación al debate realismo/anti-realismo, en este trabajo se analizarán y discutirán, desde esta propuesta modelística, la validez de los argumentos centrales del realismo estructural como alternativa al realismo científico estándar. Siguiendo la distinción trazada por Ladyman entre realismo estructural epistémico y realismo estructural óntico, en este trabajo se hará una caracterización general del primero, pero el análisis se focalizará principalmente en el análisis y la crítica del segundo. Para ello se echará mano de las herramientas teórico-conceptuales que proporciona la meta-teoría estructuralista en filosofía de la ciencia y, particularmente, de la identificación que en ella se hace de las teorías como clases o conjuntos de modelos y/o estructuras conjuntistas, a fin de clarificar, desde esta propuesta meta-teórica, los presupuestos básicos de lo que Sneed denomina el “realismo científico mínimo” y su variante, el realismo estructural epistemológico, en particular lo que se refiere a su noción de continuidad estructural y a la propuesta de algunos autores de apelar a la sentencia de Ramsey como justificación del realismo estructural sin referencia.*

Palabras clave: Realismo científico, realismo estructural, estructuralismo metateórico, realismo estructural epistémico, realismo estructural óntico

Abstract. *Structural realism, in response to criticism known as “pessimistic meta-induction”, argues for the persistence of the mathematical structure of the theories (not the content) in some cases (the limits) when there exist changes in their evolution, so that the success of subsequent theories is explained by the structural retention of previous theories. Although there is no monolithic point of view regarding the realism/anti-realism debate in metatheoretical structuralism, in this paper we analyze and discuss, from this modelistic proposal, the validity of the central arguments of structural realism as an alternative to standard scientific realism. We follow the distinction of structural realism made by Ladyman between epistemic and ontic structural realism, and although in this paper we will provide a general description of the first, the analysis will focus primarily on the analysis and criticism in the second. To this end, we will use the tools provided by meta-structuralist theory in philosophy of science and, specifically, the identification made therein of theories as classes or sets of models and/or set-theoretic structures. Our purpose here is to clarify, from this meta-theoretical proposal, the basic assumptions of what Sneed called “minimal scientific realism” and its variant, epistemological structural realism, specifically as regards his notion of the proposed structural continuity and the suggestions made by some authors to an appeal to Ramsey’s judgment as justification of structural realism without reference.*

Keywords: Scientific Realism, Structural Realism, metatheoretical structuralism, epistemic structural realism, ontic structural realism

* Este trabajo ha sido realizado con la ayuda del proyecto de investigación PICTR 2006 No. 2007 y PICTR 2007 No. 1558 de la Agencia Nacional de promoción Científica y Tecnológica del la República Argentina. Agradezco a los organizadores del *VIII Encuentro Iberoamericano de Metateoría Estructuralista* realizado en la Universidad Autónoma Metropolitana de México (UAM) del 23-25 de Octubre de 2012 donde pudo someterse a discusión la primera versión de este trabajo. Igualmente a los evaluadores anónimos de esta revista por sus valiosos comentarios y atinadas sugerencias.

Introducción

A finales de la década de los años 80, más exactamente en 1989, el filósofo inglés John Worrall propuso frente a las críticas al realismo científico (en adelante RC) y, en particular, al argumento metainductivo del *no milagro* (en adelante NMA por la expresión inglesa *non miracle argument*) propuesto por Smart, H. Putnam y R. Boyd, un tipo de RC que bautizó con el nombre de “realismo estructural” (en adelante SR por la expresión inglesa *Structural Realism*). En contraste con el argumento de la metainducción pesimista (en adelante APM por la expresión inglesa *argument pessimistic meta-induction*) de L. Laudan, cuyas consecuencias reconoce como una verdadera amenaza para el RC estándar,¹ Worrall propone un tipo de meta-inducción optimista argumentando que lo que las teorías describen y/o representan no es la naturaleza de las entidades que ellas postulan (“entidades teóricas” las denomina Worrall)², sino las relaciones definidas sobre ellas, pues aunque reconoce con Laudan que los cambios radicales en la ciencia (“cambios revolucionarios” diría T.S. Kuhn) suelen ir acompañados de cambios en la clase de referencia de los términos/conceptos de las teorías (al menos de los mal llamados “términos/conceptos teóricos”), la estructura, expresada en ecuaciones matemáticas que da cuenta de la “realidad” existente por “debajo” [*underlying*] de los fenómenos observables, puede mantenerse. En otras palabras, considera que cuando se producen cambios teóricos en la ciencia, en la nueva teoría se constata la preservación de estructuras, al menos como casos límite,³ y si estas estructuras se mantienen y siguen siendo verdaderas, es porque ellas describen adecuadamente cómo se relacionan entre sí las entidades existentes en el mundo. En consecuencia, lo que propone Worrall con su SR es:

-
- 1 Por “realismo científico estándar” (RC) nos referimos a aquel punto de vista que sostiene que las teorías son *descripciones* de una realidad que subyace “detrás” de los fenómenos observables y que la verdad (aproximada) de tales descripciones es una explicación del éxito empírico de las teorías.
 - 2 Bas van Fraassen advierte del error categorial que se comete cuando se habla de “entidades teóricas”, al igual que cuando empleamos la dicotomía “observacional-teórico” y, por ejemplo, hablamos de “términos observacionales”. Para este autor: “Los términos o los conceptos son teóricos (introducidos o adaptados para los propósitos de la construcción de teorías); los entes son observables e inobservables (van Fraassen, 1996: 30).
 - 3 Andrés Rivadulla (2011) discute tres casos en la historia de la ciencia en los que la recuperación o preservación de estructura de la vieja teoría en la nueva teoría se presenta sin necesidad de tomar ningún paso al límite: la deducción de las leyes empíricas de Kepler a partir de la mecánica newtoniana; la deducción [*preducción*] de la ley empírica de Stefan a partir de la teoría electromagnética de Boltzman; la deducción de la fórmula empírica de Balmer a partir de la teoría atómica de Bohr. Estos tres casos son para Rivadulla explicaciones teóricas sin *principio de correspondencia*, i.e., casos de preservación de estructura sin ningún paso al límite.

- a) Un contra-argumento al antirrealista argumento de la APM de Laudan que, apelando a la historia de la ciencia, plantea que así como en el pasado ha habido muchas teorías empíricamente exitosas que posteriormente han sido rechazadas y declaradas falsas, pues sus términos/conceptos explicativos centrales carecen de referencia, nuestras mejores teorías actuales (o futuras) no son de naturaleza diferente y, por lo tanto, no existe ninguna razón para pensar que en un futuro ellas también serán rechazadas.⁴
- b) Una defensa de la inferencia realista de la verdad como la mejor explicación del éxito de la ciencia,⁵ *i.e.*, una reivindicación del NMA que se hizo famoso por H. Putnam (1978) como una forma de abducción articulada ya por C. S. Peirce (1958).⁶ Como se puede colegir, se trata de proponer una interpretación realista de la ciencia (que denomina SR) con la intención de hace justicia a dos argumentos opuestos: el NMA de los realistas y el APM de los antirrealistas.

Pero Ladyman (1998) encuentra en el SR dos versiones: *a*) la del *realismo estructural epistémico* (en adelante ESR por la expresión inglesa *epistemological sctructural realism*) uno de cuyos representantes es J. Worrall y, *b*) la del *realismo estructural óntico* (en adelante OSR por la expresión inglesa *ontic structural realism*), desarrollado fundamentalmente por los físicos contemporáneos, en especial por algunos físicos cuánticos y por filósofos como S. French y D. Krause.

El ESR establece una restricción al conocimiento científico al sostener que sólo podemos conocer aspectos estructurales del mundo, más no la naturaleza de los objetos cuyas relaciones las ecuaciones matemáticas representan, pues la

4 Larry Laudan es, sin lugar a dudas, el mayor exponente de este tipo de argumentación antirrealista. Su argumentación parte de una revisión histórica de teorías como la del éter y de los fluidos sutiles en los siglos XVII y XVIII, de la teoría humoral de la medicina, de la teoría catastrófica como postulación de un diluvio bíblico, la teoría del flogisto y de algunos casos más.

5 El concepto de “inferencia a la mejor explicación” [*inference to the best explanation*] se debe a C.S. Peirce, quien lo introdujo con el nombre de “abducción” (*abduction*). Lo que plantea es que si una teoría T explica algo mejor que sus rivales, entonces es razonable escoger T sobre las otras teorías rivales.

6 T.D. Lyons and S. Clarke reconstruyen el NMA como una abducción de la siguiente manera: (1) Nuestras teorías son exitosas (Q); (2) Si nuestras teorías fueran verdaderas (aproximadamente) (P), entonces su éxito estaría garantizado; (3) Las relaciones expresadas en (2) muestran que la verdad (aproximada) de nuestras teorías (P) proporciona una explicación de sus éxitos; (4) En efecto, la verdad (aproximada) de nuestras teorías proporciona una buena explicación de los éxitos (Q); (5) Decir que el éxito (Q) se produce debido a un milagro es no proporcionar ninguna explicación en absoluto; (6) Aparte de la verdad (aproximada) de nuestras teorías, no existe ninguna otra explicación disponible para sus éxitos. Por lo tanto, nuestras teorías (probablemente) son aproximadamente verdaderas (P) (Clarke, S. and Lyons, T.D., 2002: xii).

naturaleza de ellos (como los *noumena* kantianos) está fuera del alcance de nuestro conocimiento; el OSR, más radical que el anterior, sostiene que la estructura *existe* con independencia de los objetos que puedan instanciarla, o más precisamente, que en el dominio fundamental de la física todo lo que hay son estructuras, más que objetos con una identidad intrínseca, de suerte que sólo tenemos conocimiento de los aspectos estructurales de la “realidad”, pues no hay nada más que conocer. Las estructuras, por sí decirlo, son sustancias ónticas primitivas. En el caso específico de las teorías cuánticas, los entidades a que hacen referencia (quarks, bosones, leptones, campos de fuerza, etc.) no son entidades idénticas, individuales e indiscernibles (indistinguibles), sino entidades que, como *no-individuos*, están destituidas de identidad, en el sentido filosófico preciso que tiene este término, como B. van Fraassen supo advertirlo en su libro sobre mecánica cuántica de 1991⁷ (French y Krause (2006) y Krause (2007)).

Pero Worrall no sólo plantea la cognoscibilidad de la estructura, *i.e.*, de las relaciones entre las cosas, mostrándose escéptico respecto de la naturaleza de estas, sino que, a diferencia del RC estándar, rechaza cualquier interpretación de dichas estructuras, de suerte que la continuidad a que hace referencia cuando se produce una revolución científica sólo se da a nivel teórico, *i.e.*, a nivel de las estructuras y/o ecuaciones matemáticas de las teorías y no en su nivel empírico, lo que supone una separación entre la forma y el contenido, algo que S. Psillos se encargará de discutir.

Pero Worrall evita caer en el instrumentalismo al considerar que las estructuras matemáticas en las teorías son una representación y/o descripción *verdadera* (aproximadamente verdadera) de las relaciones existentes entre entidades inobservables y no simples instrumentos de cálculo para la realización de predicciones, lo que lo coloca en el bando de los realistas y lo aparta de los antirrealistas, de los que los instrumentalistas son un buen ejemplo. No obstante, si ESR de Worrall busca proporcionar una respuesta realista al APM de Laudan mediante una tesis puramente epistemológica relativa a la preservación de las ecuaciones matemáticas a través del cambio que, como vimos, representan las verdaderas relaciones existentes en el mundo, el OSR, desde una posición puramente metafísica, sugiere que todo lo que hay en el mundo son estructuras

⁷ En *Quantum Mechanics: An empiricist view* (1991) B. van Fraassen afirma: Las tres principales cuestiones en la fundamentos filosóficos de la mecánica cuántica son la medición, las paradojas (el gato de Schrödinger, EPR, etc.) y el problema de las partículas idénticas (1991: 193).

y, por tanto, las cosas no son más que lugares de la estructura, lo que supone un compromiso ontológico más fuerte que el del ESR. French y Ladyman (1998), dos de los más importantes representantes del OSR, basan su argumentación en el presupuesto de indeterminación en la interpretación ontológica de la mecánica cuántica (no relativista) al postular que los llamados “objetos cuánticos” no son individuos y, por tanto, se hace necesario enfrentar el problema de su identidad e indiscernibilidad, como lo mencionamos antes.

Por otra parte, aunque el trabajo de P. Cruse y D. Papineau (2002) no constituye una respuesta directa a la meta-inducción pesimista de Laudan, sin embargo, estos dos autores defienden una forma de ESR en la que el estatus referencial de los términos teóricos resulta irrelevante (*Cf.* Newman, 2005). A esta versión del SR Ladyman (2007) la denomina “realismo de la sentencia (enunciado) de Ramsey” y muestra como esta forma de SR de alguna manera ya había sido propuesta por Grover Maxwell (1962) en su pretensión de hacer compatible el realismo científico con el “empirismo conceptual” y, más específicamente, en su interés por resolver el problema del significado empírico de los “términos teóricos” y el acceso epistémico a las entidades no observables en tanto referentes empíricos de dichos términos. Cruce y Papineau consideran que la mejor manera de salvar el realismo es explicar el éxito de la ciencia por la vía de la aproximación a la verdad, no de las teorías, sino de su sentencia Ramsey. En ella, como sustituto de la teoría original, el éxito o fracaso referencial de los términos teóricos resulta irrelevante para establecer su verdad aproximada, de tal modo que si el éter luminífero no existe y, en consecuencia, la función referencial que garantiza la extensión del término “éter” falla, esto no significa que debamos rechazar la noción de “verdad aproximada”, pues el éxito empírico de esta teoría (su capacidad predictiva) podría ser explicado por la verdad aproximada de su sentencia de Ramsey y —como dicen Cruce y Papineau— “sería un milagro que la teoría fuera exitosa, si su sentencia de Ramsey no fuera verdadera” (Cruce and Papineau (2002): 179). Para los defensores de esta variante del ESR, dicha sentencia permite un conocimiento de las relaciones entre las variables predicativas que en ella se utilizan para reemplazar las constantes teóricas de la teoría original, lo que permite un conocimiento de la estructura de las relaciones concretas que objetivamente existen en el mundo, como lo destaca Newman (2005).

En este trabajo me propongo discutir con las herramientas teórico-conceptuales y metodológicas que proporciona el estructuralismo metateórico la validez de los argumentos centrales del SR en sus dos variantes principales: el ESR

y el OSR, incluyendo, en el primer caso, el que algunos han llamado el “realismo de la sentencia de Ramsey”. Pero como el SR surge como respuesta a las críticas al RC estándar y, específicamente, al argumento antirrealista de la metainducción pesimista y al de quienes plantean que el argumento abductivo a la mejor explicación o “argumento del milagro” no constituyen una justificación del RC, iniciaré esta exposición presentando los presupuestos ontoepistemosemánticos fundamentales del RC estándar y los que algunos estructuralistas metateóricos, en especial J.D. Sneed (1983) y C.U. Moulines (1991), han planteado sobre las relaciones entre la concepción estructuralista de las teorías empíricas, también conocida como estructuralismo metateórico (en adelante EM) y la concepción de la ciencia empírica llamada “RC”.

1. Estructuralismo metateórico (EM) y realismo científico (RC)

Sneed (1983) inicia su presentación del RC advirtiendo que, dado que el RC no constituye un cuerpo de doctrina bien determinado, él se referirá a una forma “mínima” del RC cuyos principios aceptarían muchos de sus defensores. En ella se sostiene que cuando científicos empíricos hablan acerca del objeto de estudio de su disciplina, “significan exactamente lo que dicen” y, si lo que dicen es verdadero, los individuos y las propiedades de que hablan (electrones, moléculas, genes, campos de fuerza, *spins*, etc.) existen realmente. Sin embargo, el RC también reconoce que los científicos no son infalibles y por tanto algunas veces podrán descubrir, a la luz de nuevas teorías, que estaban equivocados, como efectivamente lo mostró el APM. Sneed precisa que con la expresión “significa exactamente lo que dicen” se refiere a lo que, se supone, expresan los libros de texto y los *journals* en los que se presentan las teorías científicas, de suerte que para dar cuenta de las aserciones de las teorías empíricas y de los predicados utilizados para realizar tales aserciones, no sería menester ninguna interpretación y/o reconstrucción lógica, algo que el EM rechaza, pues como dice el mismo Sneed: “El estructuralismo es esencialmente una concepción acerca *la forma lógica* de las aserciones [*claims*] de las teorías empíricas y de la naturaleza de los predicados que se usan para hacer estas aserciones” (Sneed, 1983: 350), y esta forma lógica no es aparente como lo propone el RC. Descubrirla *pace* el RC exige, como condición necesaria la reconstrucción lógica de las teorías empíricas, donde los predicados empleados en dicha reconstrucción son predicados teórico-conjuntistas, aunque no se excluyen otras formas de presentación. Tales predicados permiten y caracterizan las especies de estructuras teórico-conjuntistas, en el

sentido de Bourbaki (1968), *i.e.*, las estructuras matemáticas utilizadas en las teorías. Sin embargo, y a diferencia del programa estructuralista de reconstrucción de teorías, donde la forma lógica no es generalmente aparente, el primer principio que plantea Sneed de la versión mínima del RC dice:

(R1) La literatura asociada con las teorías empíricas contiene, al menos implicitamente, afirmaciones descriptivas acerca de su tema de estudio cuya forma lógica es aparente (Sneed, 1983: 347).

En el EM se hace necesaria la reconstrucción lógica de las teorías científicas para describir de manera precisa las aserciones empíricas de las teorías en las que, como en el caso de las teorías de la física matemática, se hace uso de un aparato matemático. Dichas aserciones son versiones modelo-teóricas del enunciado de Ramsey, expresadas en lenguaje teórico-conjuntista. En ellas se dice que para Sneed, el problema del RC es establecer cuáles extensiones de los términos centrales de la teoría permanecen fijos cuando la teoría evoluciona normalmente (en el sentido de la ciencia normal de Kuhn). Ciertos sistemas empíricos concretos, descritos mediante un vocabulario no teórico o previamente disponible como lo denominó C. G. Hempel, satisfacen las restricciones de la teoría, *i.e.*, son modelos de la teoría. En ellos las aplicaciones intencionales $I(T)$ de una teoría T se conciben como una sub-clase de las especies de estructuras conjuntistas $M_{pp}(T)$ (estructuras no teóricas de T), que pueden ser adicionadas o enriquecidas con algunos elementos estructurales (los términos/conceptos T -teóricos) para, de ese modo, producir estructuras de una especie $M_p(T)$ (estructuras teóricas de T) que, adicionalmente, satisfacen individualmente las leyes de T y, colectivamente, las condiciones de ligadura, *i.e.*, son especies de estructuras conjuntistas $M(T)$.

Como se puede ver, para exhibir mediante la reconstrucción la estructura lógica de las aserciones empíricas de las teorías es necesario diferenciar en ellas las estructuras teóricas de las no teóricas. Sin embargo, nuevamente el EM entra en conflicto con el RC, pues su segundo principio (R2) del RC podría, según Sneed, formularse así:

(R2) Todos los individuos y todas las propiedades mencionadas en aserciones descriptivas construidas de manera precisa tienen el mismo estatus ontológico, respectivamente (Sneed, 1983: 348).

Este principio expresa para Sneed el “compromiso ontológico básico del RC”. No obstante, Moulines cree que “puede formularse más perspicuamente como la tesis semántica de que la referencia de todos los términos individuales y relacionales de las teorías científicas viene determinada siempre de la misma manera” (Moulines,

1991: 134). Esto significa que todos (o al menos la mayoría) de los términos centrales de las teorías científicas funcionan de modo exclusivamente realista, si bien lo que al RC principalmente le interesa no es simplemente la constatación de que las entidades a que dichos términos se refieren existan, “sino que ellas ‘sigan existiendo’ mientras nosotros aprendemos más y más acerca de ellas” (Sneed, 1983: 348). Un ejemplo de lo anterior lo constituye la llamada “teoría causal de la referencia” defendida por S. Kripke, H. Putnam y R. Boyd. Dicha teoría proponen un mecanismo de anclaje referencial para los términos (sean del lenguaje cotidiano o del lenguaje científico), al que sus autores le dan distintos nombres (“ceremonia de denominación”, “acto bautismal”, “evento introductorio”, etc.). Este mecanismo fija la referencia de los términos de una vez por todas, con independencia de nuestras creencias y de las teorías sobre él. Es por ello que Sneed formula esto como un tercer principio del RC:

(R3) La referencia de algunos términos utilizados en la ciencia empírica permanece fija, mientras que las aserciones de las teorías empíricas formuladas con estos términos cambian (Sneed, 1983: 349).

Como veremos, se trata de un principio de trascendental importancia tanto para el RC como para el SR, si bien en el primer caso se trata de la existencia permanente de las entidades referenciales de los términos, mientras que en el segundo lo que “permanece fijo” es la existencia de un tipo particular de estructuras: estructuras sin *relata*.

Sin embargo, este principio que, según Sneed, expresa el “compromiso ontológico básico del RC”, resulta un principio débil, pues como dice Moulines:

sólo expresa un compromiso ontológico (o, más exactamente, ontosemántico), a saber, el postulado de que *hay* cosas “ahí fuera” independientes de nuestro aparato conceptual y a las que *pueden* referirse nuestros conceptos, sin que se presuponga la menor garantía de que las cosas a las que *creemos* que se refieren nuestros conceptos sean *realmente* existentes (Moulines, 1991: 136).⁸

Un principio más fuerte incluiría, además del compromiso ontológico básico, un componente epistémico, de suerte que postularía “no sólo que hay cosas ahí fuera, a las que pueden referirse nuestros conceptos, sino que, al menos en algunos casos, podemos *saber cuáles* son esas cosas (Moulines, 1991).

8 Cabe señalar que la defensa del RC se basan en argumentos semánticos, sin embargo, desde G. Frege se advierte una tendencia general y es reformular las cuestiones ontológicas y epistemológicas en términos de problemas onto-semánticos o epistemo-semánticos con el fin de hacerlos más claros y precisos (Moulines, 1991: 130).

El problema frente al RC es establecer cuáles extensiones de los términos centrales de la teoría permanecen fijos cuando la teoría evoluciona normalmente (en el sentido de la *ciencia normal* de Kuhn) o cuándo es sustituida por otra (en el sentido de la ciencia extraordinaria de Kuhn). Esto exige diferenciar entre los *términos singulares* que se refieren a los individuos, y que en la reconstrucción teórico-conjuntista hacen parte de la estructura no-teórica,⁹ y los *términos predicativos* o los que se refieren a “propiedades teóricas”.

El EM coincide con el RC en lo que se refiere al carácter inmutable del significado/referencia de primeros, pero no de los segundos, como se evidencia en la relación interteórica de incommensurabilidad donde —según sus defensores— se presenta el fenómeno de la variación radical del significado [*radical meaning variance*] entre los términos predicativos básicos de pares de teorías separadas por una revolución científica. Aquí, los casos interesantes y no triviales de incommensurabilidad son precisamente aquellos en los que las teorías incommensurables resultan *comparables* en algún sentido, pues aunque teorías que no tienen nada que ver entre sí son incommensurables, la recíproca no es válida. Tal comparabilidad tiene que ver con la existencia de una intersección no-vacía de los dominios o ámbitos de referencia D y D' de teorías T y T' incommensurables no-triviales, respectivamente, *i.e.*, cuando $D \cap D' = \emptyset$. En este caso se trata de una incommensurabilidad referencial (ontosemántica) y no epistemosemántica, pues se descarta que exista el mismo significado estimulativo [*stimulative meaning*] en el sentido de Quine, al igual que la existencia de una “super-teoría” T_o que sirviera de marco referencial de dos teorías incommensurables T_1 y T_2 , algo que no todos los usuarios de las teorías científicas estarían dispuestos a aceptar.

Finalmente, Sneed recuerda que para el RC no sólo existen los objetos referenciales de los términos, y la tesis intuitiva del RC es que “dado el vocabulario

9 En las reconstrucciones estructuralistas, los individuos que aparecen en los conjuntos de base de las estructuras teórico-conjuntistas corresponden a especies de estructuras no teóricas. En el caso de la termodinámica de los sistemas simples **TES** que aparece en el ch. 3 de Balzer, Moulines, Sneed (1987: 139), los conjuntos principales de base de **TES** son los estados termodinámicos Z y estos no serían **TES**-no teóricos, sino **TES**-teóricos de conformidad con el criterio de teoricidad sneedeano. Sin embargo, Moulines (2000) señala que lo anterior es erróneo ya que los “estados” termodinámicos son estados de *sistemas físicos*, *i.e.*, de entidades que ocupan una región definida del espacio físico y que están compuestas de algunas sustancias materiales. Los “estados” termodinámicos, por tanto, no hacen parte del conjunto principal de base de la **TES**, sino de los conjuntos auxiliares de base y ellos, como estados de sistemas físicos, pueden tomar distintos valores en IR . Así, $m(\sigma, z)$ donde “ m ” es una función métrica, “ σ ” un elemento del conjunto de sistemas termodinámicos, “ z ” un intervalo de números reales IR y r un determinado número real ($r \in IR$).

y la ontología de una teoría, existe un cuerpo de leyes empíricas esperando ser descubiertas (1983: 350). Las regularidades que ellas expresan, al igual que las cosas, tienen una existencia independiente del ingenio (o suerte) de los científicos cuya misión es descubrirlas. Así formula Sneed el cuarto principio del RC “mínimo”:

- (R4) Siempre habrá alguna evidencia empírica que discriminaría entre leyes empíricas extensionalmente diferentes formuladas en el mismo vocabulario (1983: 350).

2. El realismo estructural (SR) como alternativa al realismo científico (RC)

El RC apela al “argumento del no-milagro” para explicar el éxito predictivo de las teorías empíricas, pues si dichas teorías exitosas no fuesen verdaderas, *i.e.*, fuesen falsas, entonces tal éxito sería un milagro. Este argumento, formulado por Smart (1963, 1979), Putnam (1975) y Boyd (1983), se convierte en la piedra de choque de la argumentación de Laudan (1981), quien, apelando a la historia de la ciencia, plantea que el éxito de una teoría empírica no implica necesariamente su verdad, incluso como verdad aproximada y, como lo plantea su argumento de la APM, que teorías empíricas maduras exitosas que en el pasado fueron consideradas verdaderas, en la actualidad han sido declaradas falsas y, en consecuencia, han sido abandonadas del *corpus* de la ciencia. Lo que hace Worrall es incorporar en su propuesta metateórica los argumentos del “no milagro” y de la “meta-inducción pesimista” y, de ese modo, proponer una versión más fuerte del RC que él mismo bautizó como “realismo estructural por la expresión inglesa *structural Realism*” (SR).¹⁰

Aunque SR como postura epistemológica se encuentra ya presente en Poincaré (1912), Russell (1912, 1927) y Carnap (1928), fue Worrall quien en 1989 lo introdujo en el debate contemporáneo realismo/antirrealismo combinando la propuesta epistemológica de Poincaré, que hace descansar el éxito de las teorías en su verdad, con una propuesta de continuidad estructural a pesar de los cambios de las teorías en su devenir histórico. Se trata, por decirlo de algún modo, de una propuesta ecléctica en la que se conjugan lo mejor de las propuestas realistas y antirrealistas acerca de las teorías científicas. No en vano el artículo fundacional del SR de Worrall (1989) se titula “*Structural Realism: The Best of the Boths Worlds*”.

Mientras en el RC la referencia de la mayoría de los términos centrales de las teorías científicas persiste a pesar de que estas se alteren sustancialmente o incluso sean sustituidas por otras (Cf. Moulines, 1991, Cap. II.2), para Worrall son

10 Psillos, 1999, Ch. 7) atribuye a Worrall la denominación “realismo estructural” (SR), aunque A. Chalmers también la empleó para referirse al RC en los años 1990 (Cf. Chalmers, 1998: 228).

las estructuras matemáticas (léase ecuaciones matemáticas) las que persisten así sea como casos límite. Esta persistencia o continuidad de las estructuras matemáticas va más allá del nivel empírico de las teorías, haciendo que el optimismo del NMA quede justificado: el éxito de las teorías posteriores se explica por la retención estructural de las anteriores y, como las ecuaciones de una teoría “pueden reflejar globalmente la realidad sin que cada uno de sus componentes se refieran a un ítem separado de ésta” (Worrall, 2008: 290), entonces las estructuras matemáticas son representaciones verdaderas en tanto reflejan estructuras realmente existentes en el mundo. En palabras de Worrall: “la indicación de que la teoría refleja la realidad es exactamente el tipo de éxito predictivo que motiva el *argumento del no milagro*” (290). Esto, por supuesto, no significa que el SR sea un argumento a favor del RC, sino la propuesta de una versión modificada de éste en la que su argumento principal se salva.

Pero el ESR de Worrall es, como su nombre lo indica, fundamentalmente *epistémico* y no óntico (metafísico), pues lo que enfatiza es la posibilidad de *conocer* las estructuras matemáticas, pero no las cosas cuyas relaciones estructurales reflejan dichas estructuras. Sin embargo, este ERS evita caer en el instrumentalismo, al considerar que las estructuras matemáticas de que se ocupan las teorías son representaciones verdaderas o, mejor, aproximadamente verdaderas de las relaciones existentes entre las entidades inobservables del mundo y no simples instrumentos de cálculo para la realización de predicciones. Worrall incluso se aparta de las interpretaciones que se le atribuyen a H. Poincaré (1905), quien, en su opinión, sería uno de los precursores *avant la lettre* del SR, al establecer por primera vez que el *valor de la ciencia* consiste en permitirnos conocer las verdaderas relaciones *entre* las cosas, *i.e.*, la estructura, y no la *naturaleza de las cosas*.¹¹ Dice Poincaré: “estas ecuaciones expresan relaciones, y si las ecuaciones permanecen verdaderas, es porque las relaciones conservan su realidad” (Worrall, 1996: 158).

No obstante, si el ESR worralliano plantea una restricción a nuestro conocimiento científico al sostener que sólo la *estructura del mundo* es cognoscible, pero no la *naturaleza de las cosas* cuyas relaciones define la estructura, el OSR es más radical al considerar que *lo único que hay es la estructura* (Cf. Chakravarti

11 Worrall se opone a las interpretaciones instrumentalistas y, por ende, antirrealistas de la obra de Poincaré. Por así decirlo, Poincaré fue para Worrall el precursor, *avant la lettre*, de un tipo de *realismo sintáctico y/o estructural* al constatar la continuidad, como caso límite, de las ecuaciones ópticas de la teoría de Fresnel en la teoría electromagnética de Maxwell y, lo más importante, que si lo anterior se da —como Worrall efectivamente lo cree— es porque las estructuras matemáticas de las teorías (ecuaciones) describen correctamente (así sea en forma aproximada) cómo se relacionan entre sí las entidades que conforman el mobiliario del mundo.

(2003). Más aún, el OSR realiza una interpretación de la mecánica cuántica en las que las partículas quánticas (quarks, leptones, bosones, etc.) poseen una naturaleza indeterminada que resulta fatal para cualquier otro tipo de realismo que no sea el mismo OSR. Dichas partículas, a diferencia de las partículas clásicas, no son individuos, o como dice Krause (2007) son “*no-individuos*” y como tales no deben ser pensados como si fueran “individuos indiscernibles” y carentes de identidad, lo que supone apelar a supuestos diferentes a los de la lógica y de las matemáticas clásicas.

Como dijimos atrás, Worrall encuentra en Poincaré un precursor *avant la lettre* del SR al haber señalado la completa identidad entre las ecuaciones de Fresnel y de Maxwell. Si esto es así —como lo cree Worrall— habría un crecimiento acumulativo de las estructuras en un episodio de la historia de la física que habla a favor del SR. En este caso, “las ecuaciones matemáticas de la vieja teoría resurgen como casos límite de la nueva”. Habrá otros casos en los que las ecuaciones matemáticas de la vieja teoría permanecen intactas en la nueva. A esta preservación de estructuras en una u otra forma Chakravartti la denomina “principio de correspondencia” [*correspondence principle*] (1998: 399). Para Worrall, Misner y otros, este principio sólo aplica a nivel puramente matemático. Sin embargo, Rivadulla (2010) plantea tres situaciones de supuestos “casos límite”, a saber, el de la mecánica newtoniana como caso límite de la teoría de la relatividad (especial y general) cuando $v/c \rightarrow 0$, *i.e.*, en casos de velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz en el espacio vacío; el de la mecánica clásica como caso límite de la mecánica cuántica cuando la constante de Plank $\hbar \rightarrow 0$; y el de la derivación de la ecuación Hamilton-Jacobi de la mecánica clásica desde la ecuación de Schrödinger en la mecánica cuántica cuando también la constante de Plank $\hbar \rightarrow 0$. En estos tres casos Rivadulla busca probar que el “principio de correspondencia” no se cumple y, por tanto, no existe una retención estructural a través del cambio teórico. Siendo así, para Rivadulla el SR está equivocado y no ve de qué modo puede obviar la fuerza del APM (2010: 19).

Pero como ya lo mencionamos, no es sólo Poincaré el precursor del ESR. También hay que mencionar otros como R. Carnap (1928) y B. Russell (1912, 1928). En efecto, Russell, en el capítulo 20 su *Analysis of Matter* (1928) propone una teoría de nuestro conocimiento de las partes no perceptibles conocida como “teoría causal de la percepción”, argumentando que es razonable y fructífero asumir la existencia de causas, *i.e.*, eventos, de nuestras percepciones y *demostrar* —como lo subraya Votsis (2002)— que nuestras percepciones tienen unas causas externas, como una forma de superar el solipsismo y el fenomenalismo. Aunque reconoce que nosotros tenemos un conocimiento directo (*by acquaintance*) del “carácter

intrínseco”, “natural”, “cualitativo”, *i.e.*, de las propiedades de primer orden y relaciones, de los perceptos, el conocimiento de los eventos del mundo externo lo obtenemos por inferencia desde nuestras percepciones, sobre el supuesto de que causas similares (eventos) tienen efectos similares (perceptos), existiendo una correspondencia uno a uno entre los estímulos y los perceptos. Desde la estructura de nuestras percepciones podemos inferir la estructura del mundo físico (no su carácter intrínseco). Adicionalmente, Voitsis (2002) se pregunta qué es lo que para Russell o, como dicen algunos, para el “estructuralismo russelliano” significa “estructura”. Para su respuesta, este autor nos recuerda que Russell utiliza dos sentidos de la palabra. Uno para referirse a la estructura de *una* relación y otro para referirse a la estructura de una *clase* de relaciones. Ambos sentidos resultan intercambiables en la obra de Russell, pues la estructura de *una* relación es “la *clase* de relaciones *similares* a la relación dada” (Russell, 1992: 250).¹² “Relaciones similares” significan relaciones *isomorfas* entre el sistema de relaciones del mundo y el sistema de relaciones de las percepciones, pues existe una biyección del universo del primer sistema en el universo del segundo que preserva las relaciones y/o funciones de ambas. En términos formales, como la define Voitsis (2002: 881):

Una estructura $S = \langle U, R_1, \dots, R_m \rangle$ es isomorfica a una estructura $T = \langle U', \acute{R}_1, \dots, \acute{R}_m \rangle$ justo si existe una biyección $\phi: U \rightarrow U'$ tal que para todo x_1, \dots, x_n en U , (x_1, \dots, x_n) satisface la relación R_i en U si y solo si $\phi(x_1), \dots, \phi(x_n)$ satisface la correspondiente relación \acute{R}_i en U' .

Pero H. A. Newman (1928) observa que, de conformidad como el estructuralismo russelliano, de las relaciones *físicas* —y en esto coincide con el ESR de Worrall— sólo conocemos sus rasgos formales, *i.e.*, estructurales, en el sentido de que “*existe* una relación R tal que la estructura del mundo externo con referencia a R es W ” (Carnap, 1928: 144, citado por Votsis, 2000: 881). Si esto es así, se hace necesario adicionar la restricción (*constraint*) de cardinalidad a los dominios de la estructura a fin de poder establecer una estructura específica, pues la sola afirmación de que *existe* un sistema de relaciones que especifica una estructura no dice mucho. Newman considera que si se excluye la restricción de cardinalidad nosotros podemos imponer cualquier estructura sobre un conjunto. De ahí que sea necesario tener en cuenta el teorema de Newman que Voitsis presenta en los siguientes términos:

Sea $S = \langle U, R_1, \dots, R_k \rangle$ una estructura y V un conjunto. Supongamos que existe una inyección $\rho: U \rightarrow V$. Entonces existe una estructura S' cuyo dominio es V la cual tiene una subestructura isomórfica a S (Votsis, 2001: 881-882).

12 Las cursivas son mías.

Votsis (2002) replica a la objeción de trivialidad que lanza Newman a la aserción: “*existe* una relación *R* tal que la estructura del mundo externo con relación a *R* es *W*”. Argumenta que por “trivial” se entiende que la información que ofrece es pequeña o sin importancia; aún teniendo en cuenta la restricción de cardinalidad la aserción seguiría siendo trivial *pace* Newman, pues cuando el realista estructural afirma que “*existe* una relación con una estructura particular”, obviamente la aserción no es informativa, pues sólo apela a la definición del concepto de “*estructura*”. Sin embargo, afirma:

Pero el realista estructural está diciendo algo más que esto. Él está diciendo que tenemos una estructura abstracta identificada *empíricamente* que es, por supuesto, instanciada por muchas estructuras concretas (y por tanto relaciones). Una de estas estructuras concretas representa el sistema físico bajo consideración (*i.e.*, el sistema que es objeto de nuestras observaciones) (Votsis, 2002: 886).

3. Algunas críticas al SR: el EM como herramienta esclarecedora del SR

En este apartado examinaremos algunas de las críticas que se han formulado al SR, en especial las que se refieren al ESR. Para ello haremos uso de las herramientas conceptuales y metodológicas que proporciona el EM. Sobra reiterar que entre los representantes del EM un punto de vista homogéneo respecto del debate realismo/antirrealismo y, menos aún, una postura unificada frente al RC y sus dos variantes más importantes: el ESR y el OSR. Veamos, sin embargo, algunos de los puntos controversiales del SR y de qué manera el EM podría contribuir a su solución.

3.1 *La noción de estructura y su permanencia en los cambios*

Parodiando a un estructuralista francés que decía que no bastaba mencionar un objeto para ser objetivo, podría decirse que no basta hablar de *estructura* para ser estructuralista o para calificar una teoría o metateoría como “estructuralista”, como sucede en el SR en general. En el caso particular del de Worrall y de algunos otros defensores del ESR se afirma que la estructura es lo único que podemos conocer, ya que la naturaleza intrínseca de las cosas relacionadas por dicha estructura resulta incognoscible. Sin embargo, aunque tal hipótesis es fundamentalmente epistémica, su afirmación adicional de que las ecuaciones que permanecen a través de los cambios (para justificar el NMA del RC y responder a las críticas al APM) *describen y/o representan* adecuadamente las relaciones entre las cosas (sin ser explícito en el modo de dicha representación), de algún modo presuponen un tipo de compromiso ontológico, de suerte que el ESR no es puramente epistémico. Si la

teoría es importante para la ontología o, en términos worrallianos, si las ecuaciones matemáticas representan adecuadamente las relaciones entre las cosas, entonces necesitamos una semántica para las teorías que aborde el papel representativo de las matemáticas directamente, pero esto es algo que el ESR de Worrall no estaría dispuesto a aceptar, pues excluye cualquier posibilidad de interpretación física de las estructuras, pues la continuidad estructural a que alude se da en el plano de las matemáticas puras y no en el de las matemáticas aplicadas. Si bien *no podemos conocer* los individuos con sus propiedades y relaciones (alineando la ecuación): ... (propiedades n -ádicas donde $n \geq 2$) de primer orden, *sí podemos conocer* la estructura de sus propiedades relacionales en tanto propiedad de segundo orden.

En defensa del argumento realista del *no milagro* y como respuesta a la *meta-inducción pesimista* de Laudan, Worrall sostiene que los cambios de las teorías no implican necesariamente cambios en la estructura. La pregunta entonces es qué es lo que Worrall entiende por *estructura* y si se trata del mismo concepto que tradicionalmente se define en el álgebra de grupos o al que se refiere el colectivo Bourbaki en su propósito de unificar el variopinto universo de las matemáticas, concibiendo las distintas especialidades de esta disciplina como *especies de estructura* caracterizables cada una según el mismo esquema conceptual. Lo que avizoramos cuando se examinan los distintos casos históricos mencionados por Worrall, la retención estructural se refiere a la retención de ciertas ecuaciones (por lo general diferenciales) que expresan leyes y que, se supone, representan las verdaderas relaciones existentes en el mundo, pues como buen realista, no sólo presupone que las cosas que constituyen el mobiliario del mundo están “ahí” (presupuesto óntico) y sus relaciones (la estructura del mundo) son susceptibles de conocimiento (presupuesto epistemo-semántico), sino que, además, presupone que están “ahí” estructuradas de modo objetivo de una sola y única manera, siendo esta estructuración la que se refleja adecuadamente en las ecuaciones de las teorías (presupuesto óntico-semántico).¹³

La identificación estructura = ecuación matemática se explica por la adopción que hacen Worrall y, en general, los defensores del SR de una concepción enunciativista (*statement view*) de las teorías científicas, según la cual éstas se identifican con clases o conjuntos de enunciados que, en el caso de Worrall, serían clases o conjuntos de fórmulas y/o ecuaciones matemáticas. Esta forma de concebir las teorías contrasta con la concepción no-enunciativa (*non-statement view*) de ellas y que Moulines (2006) reúne bajo la etiqueta de “*modelística*”, pues en ella la

13 Para esta caracterización de los presupuestos básicos del RC, véase Munévar, G (2002): *Conocimiento radical. Una investigación filosófica de la naturaleza y los límites de la ciencia*, Barranquilla, Uninorte.

noción de “modelo” tiene un rol central, toda vez que en ella las teorías se conciben como clases o conjuntos de modelos que, en el caso del EM, tienen la forma de especies de estructuras teórico-conjuntistas a la manera de Bourbaki, toda vez que el EM —como lo dice W. Stegmüller refiriéndose a este— “debe considerarse como *el esfuerzo por extender a la ciencia el programa de Bourbaki*, más que como un intento de reconstruir las ideas de T. S. Kuhn” (Stegmüller, 1981: 12).

El enfoque enunciativista y/o lingüístico de las teorías, además de las limitaciones advertidas por numerosos autores, no permite abarcar de manera precisa y rigurosa los cambios estructurales que ocurren en las disciplinas científicas, como sí lo hace el EM con sus nociones de *evolución teórica* y *especialización* en los casos de desarrollo normal de teoría (en el sentido kuhniano) y con las distintas relaciones interteóricas de *teoretización*, *reducción*, *equivalencia*, etc., que el mismo EM se ha encargado de definir y precisar teórico-conjuntísticamente. Muchos de los casos históricos contemplados por Worrall, y en general por el SR, y que han sido objeto de crítica por parte de numerosos autores, tienen que ver con la relación interteórica de *reducción*, o más precisamente, de *reducción aproximativa*, en la que se involucran cuestiones ónticas, ontológicas, epistemológicas, metodológicas, etc.; o para utilizar expresiones acuñadas por C. U. Moulines, cuestiones óntico-semánticas o epistemo-semánticas, dado que la tendencia en la filosofía de la ciencia contemporánea es desplazar las cuestiones ontológicas y epistemológicas de las teorías por el análisis lógico-semántico, *i.e.*, como cuestiones onto-epistemo-semánticas (incluso pragmáticas) a fin “de hacerlas más claras y precisas” (Moulines, 1991: 130).

A más de reconocer que las ecuaciones por sí solas no son suficientes para realizar descripciones adecuadas del mundo o, *in extremis*, descripciones verdaderas o *aproximadamente verdaderas* (componente alético), pues adicionalmente se requieren otra serie de hipótesis y presunciones que subyacen a las teorías mismas, tenemos que decir que *el análisis micrológico y/o lingüístico que propone el SR resulta insuficiente para dar cuenta de la retención de estructuras que garantizan la continuidad en el cambio teórico*, y que, de algún manera, hacen que el desarrollo y crecimiento de las teorías científicas sea acumulativo. Para poder dar cuenta de esta retención estructural o, como dicen Frigg y Votsis (2011), de esta “correspondencia formal” entre dos estructuras, es condición necesaria la adopción de un punto de vista modelístico de las teorías científicas donde, como vimos, las teorías no se identifican con un conjunto de proposiciones o fórmulas, sino con un conjunto de tipos diferentes de estructuras complejas compuestas ellas mismas de estructuras más simples, como es la propuesta del EM. La retención estructural de que habla

Worrall debería dar cuenta de las *relaciones estructurales* existentes entre pares de teorías como los casos Fresnel/Maxwell, mecánica clásica/mecánica relativista, mecánica clásica/mecánica cuántica, etc., amén de otros casos en disciplinas diferentes a las de la física, como los de la biología, la economía, la lingüística, la psicología, etc., tanto en sus aspectos sincrónicos como diacrónicos.

Cuando se adopta el análisis micrológico al considerar las relaciones Fresnel/Maxwell, mecánica newtoniana / mecánica relativista, mecánica clásica / mecánica cuántica, etc., como casos límite de aproximación del primer elemento del par al segundo, se hace necesario disponer de una formulación explícita de *reducción* de la teoría T (la teoría reducida) a la teoría T^* (la teoría reductora), lo que exige establecer “definiciones coordinadoras” entre *todos* los conceptos básicos de T y *algunos* conceptos básicos de T^* a fin de garantizar, con el lleno de otras condiciones como la *derivabilidad* de las leyes de T de las leyes de T^* . Como lo reconocería Rivadulla (2010) en su crítica a la retención estructural de Worrall, tales “definiciones coordinadoras” no se dan. Su análisis del concepto de *energía cinética* en la mecánica clásica y en la mecánica relativista constituye un buen ejemplo de las dificultades para establecer una definición coordinadora de un concepto de la mecánica clásica con su correspondiente concepto en la mecánica relativista, pues para Rivadulla (2010) la fórmula que expresa la energía cinética clásica ($E_{classkinetic} = mv^2/2$) no guarda ninguna similitud con la que expresa la energía cinética en la relatividad especial ($E_{relKinetic} = \gamma(mc^2 - mc^2)$, donde $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$). Más aún, para este autor la afirmación de que el valor de la energía cinética relativista se reduce al valor de la energía cinética clásica cuando el $\lim v/c \rightarrow 0$, presupone —para Rivadulla— que el caso límite $v/c \rightarrow 0$ es equivalente a $c \rightarrow \infty$, algo que, como se sabe, está físicamente prohibido (*physical forbidden*) por la teoría de la relatividad tanto especial como general. Otros casos mencionados por Rivadulla en los que la retención de estructura de Worrall no se cumple y en los que, por tanto, no es posible derivar las leyes de la teoría reducida T de los de teoría reductora T^* son los de la ecuación Hamilton-Jacobi de la ecuación de Schrödinger cuando la constante de Plank $\hbar \rightarrow 0$. Todos estos casos mencionados por este autor son, como él mismo lo dice, “una clara refutación de la doctrina realista estructural de la retención de la estructura a través del cambio” (Cf. Rivadulla, 2010: 15 ss.).

El tratamiento micrológico de la relación de *reducción* a que apela Worrall para justificar la retención estructural que, como vimos, es una retención de ecuaciones, presenta dos grandes dificultades. En primer lugar, en la mayoría de los casos es difícil establecer definiciones coordinadoras para *cada uno* de los

conceptos básicos de T en términos de los conceptos de T^* . En segundo lugar, esta falta de definiciones coordinadoras hace que, muchas veces, no se puedan derivar formalmente las leyes de T de las de T^* (Díez y Moulines, 1997: 376).

Por lo anterior, el EM propone un enfoque macrológico de la relación de *reducción* que, al tiempo que es más general, evita los problemas que acabamos de reseñar. Así, Díez y Moulines (1997) proponen dentro del enfoque macrológico del EM: *a*) establecer una “*correspondencia global*” entre el marco conceptual de T y el de T^* y no una correspondencia para cada uno de los conceptos de T , *i.e.*, una correspondencia o correlación estructural (no lingüística) entre las estructuras de una especie $M_p(T)$, *i.e.*, las estructuras teóricas de T , y las estructuras de una especie $M_p(T^*)$, *i.e.*, las estructuras teóricas de T^* . En este caso se trata de una correlación formal entre las estructuras y/o modelos teórico-conjuntistas distintos, pues formalmente la relación de reducción $\rho \subseteq M_p(T) \times M_p(T^*)$, donde T y T^* son, respectivamente, la teoría reducida y la teoría reductora; *b*) establecer esta misma correlación *global* a nivel de las aplicaciones $I(T)$ e $I(T^*)$ de tal manera que *toda* $I(T)$ tiene su correlato en $I(T^*)$, aunque la inversa no se cumple, pues por lo general T^* tiene más aplicaciones que T . Esta última correlación es distinta de la primera, pues las aplicaciones son modelos potenciales parciales M_{pp} , *i.e.*, subestructuras de los modelos potenciales que resultan de recomptar en estos las funciones T -teóricas; *c*) finalmente, el requisito de *derivabilidad* de las leyes de T de las de T^* que en el análisis micro-lógico ofrecía problemas, sobre todo por las “definiciones coordinadoras” de sus términos, ahora se plantea de una manera análoga, aunque en términos macrológicos y/o estructurales, así:

siempre que una aplicación cumpla las leyes de T^* , es decir, sea extendible a un modelo actual de T^* , y además cumpla ciertas condiciones específicas, es decir, sea extensible a un modelo actual de *una especialización de T^** , *llamémosla T_i* , entonces en T el correlato de esa aplicación cumplirá las leyes de la teoría reducida T , o sea, será extensible a un modelo actual de T (Díez y Moulines, 1997: 376).

Como se puede observar, no se usa *toda* la teoría reductora, sino determinada especialización de ella o, como lo llama el EM, “un elemento teórico especializado”. Claro está que todo esto supone —como lo destacamos antes cuando presentamos los principios básicos del RC “mínimo” según Sneed— que las dos teorías T y T^* hayan sido reconstruidas formalmente, de tal manera que su forma lógica deje de ser una forma lógica aparente como lo propone el primer principio (R1) del RC “mínimo”, que vimos en el anterior apartado.

Frente a las críticas formuladas por Rivadulla (2010), Worrall respondería que se trata de críticas formuladas desde la física como teoría empírica, pero que cuando

él se refiere al conocimiento y a la retención de la estructura, tal conocimiento y tal retención se dan en un nivel puramente matemático. Se trata, entonces, de un tipo de estructura que podríamos denominar “abstracta” y no “concreta” y es ella la que se retiene a pesar del cambio, en lo que habría una coincidencia con Sneed (1983) cuando expresa:

Es importante entender que, en la concepción estructuralista, las teorías empíricas hacen aseraciones sencillas, descriptivas y falsables sobre su objeto de estudio. El estructuralismo no es sólo una versión nueva del instrumentalismo que se esconde detrás de una nube de notación conjuntista. Por otra parte, el estructuralismo ve las estructuras matemáticas asociadas con una teoría ser características más “esenciales” de la teoría que las aseraciones que ella hace. Las aseraciones pueden cambiar con el desarrollo histórico de la teoría, pero el aparato matemático permanecer el mismo (Sneed, 1983: 351).

¿Será esta la permanencia de que habla Worrall? ¿Se refiere Sneed a la permanencia de las ecuaciones o algo más? Estos, creo, son interrogantes que quedan abiertos y que Sneed y el EM deberían encargarse de aclarar. Este trabajo es un intento en esta dirección.

Estructura abstracta y estructura concreta

Uno de las hipótesis centrales del SR, y en particular worrallianas, es que aunque la clase de referencia (mal llamada “ontología”) de las teorías pueda cambiar (de la luz como una onda en el éter a la luz como una onda en un campo electromagnético), la estructura permanece. Para caracterizar esta estructura Worrall —como lo acabamos de ver— apela a la identidad formal de las ecuaciones de las teorías. Con ello, asegura una clase de continuidad estructural de dichas teorías y, por ende, una respuesta optimista al argumento pesimista de Laudan. Las estructuras lógico-matemáticas de las teorías vendrían representadas entonces por relevantes ecuaciones matemáticas. Sin embargo, French y Saatsi (2006) plantean el siguiente dilema: o bien las estructuras lógico-matemáticas son justo eso y, por tanto, son estructuras lógico-matemáticas no interpretadas, en cuyo caso resultaría difícil saber cómo puede explicar una teoría un suceso predictivo nuevo, o bien, se las concibe como estructuras apropiadamente interpretadas y, por tanto, habría un compromiso ontológico. Como lo hemos dicho reiteradamente, la posición de Worrall no ofrece la menor sospecha (salvo en el caso de su papel representativo) que se trata de estructuras no interpretadas en las que, además, quedaría prohibida (*forbidden*) cualquier interpretación en términos físicos. En los comentarios que hace Worrall del caso Fresnel/Maxwell, donde según él las ecuaciones de la óptica de Fresnel aparecen como *caso límite* de la de Maxwell, se aplica el “principio

de correspondencia”, advirtiendo al lector que este principio “aplica en el nivel *puramente* matemático y, por lo tanto, es completamente compatible [a nivel lógico-matemático] con los supuestos teórico básicos de la nueva teoría [en este caso la de Maxwell]” (Worrall, 1989: 120).

El problema, destacado por muchos filósofos de la ciencia, es cómo hacer que estructuras matemáticas, en este caso ecuaciones matemáticas, puedan *representar* adecuadamente las relaciones existentes en el mundo, así sea en forma aproximada, dado el carácter abstracto e idealizado que ellas suelen tener, o como dice B. van Fraassen (2006) a propósito de Reichenbach: “*¿Cómo puede una entidad abstracta, tal como un espacio matemático, representar algo que no es abstracto, algo en la naturaleza?*” (van Fraassen, 2006: 537). Al respecto, Reinchenbach escribió: “El objeto matemático del conocimiento está únicamente determinados por axiomas y definiciones de las matemáticas” (Reichenbach 1965: 34]. “El *objetos físico* no puede ser determinado por axiomas y definiciones. Es una cosa del mundo real, no un objeto del mundo lógico de las matemáticas” (Reichenbach, 1965: 36).

La respuesta a la pregunta “*cómo puede una estructura matemática abstracta representar una entidad física concreta*” sólo puede responderse “si asumimos que la última está representada por algún otro objeto matemático” (van Fraassen 2006: 540). Ese otro objeto matemático es, para van Fraassen, un *modelo de datos*. Los modelos de datos, como candidatos para representar los fenómenos observables con los que las teorías pueden confrontarse, son *subestructuras empíricas*, de tal manera que ellas pueden (o no) ser subsumidas bajo uno de los modelos, de tal modo que las entidades ocultas de los modelos teóricos se interrelacionan con las entidades observables de los modelos de datos de la manera como lo indican las leyes. Algo similar a lo que acaece en la sentencia modificada Ramsey-Sneed en el EM, sólo que en el caso de van Fraassen el “criterio de observabilidad” por él propuesto no es muy preciso, como sí lo es el de “teoricidad de Sneed”; el criterio de van Fraassen es estrictamente antropológico, como él mismo lo dice.

Para van Fraassen una teoría es *empíricamente adecuada* si y solo si existe un modelo de la teoría [modelo teórico] tal que todos los fenómenos observables son isomorfos a subestructuras [modelos de datos] de ese modelo (Cf. van Fraassen 1980). Para él, la aceptación de la teoría sólo exige creer (actitud epistémica) que es empíricamente adecuada, pero no como lo proponen los realistas que sus modelos representan fiel y adecuadamente el mundo o, como en el caso de Worrall, sus estructuras, pues las teorías no son imágenes o representaciones del mundo. Lo que creemos es que la imagen que nos da la teoría es adecuada empíricamente, i.e., adecuada en las áreas observables del mundo. El problema como lo recalca

A. R. Pérez es que “lo observable [para van Fraassen] es simplemente un hecho puesto al descubierto por una teoría, pero no relativo o dependiente de la teoría” (Pérez 1985: 9).

K. Brading y E. Landry (2006) también se plantean el problema de la *representación* en las teorías científicas. Señalan que la noción central para la variedad de SR existentes es la de “estructura compartida” [*shared structure*]. Consideran que el SR se construye como analogía con el estructuralismo matemático (SM), para el que el objetivo de las teorías matemáticas no es la naturaleza intrínseca de sus objetos (números, funciones, conjuntos, etc.), sino cómo estos objetos se relacionan unos con otros. Su tesis es que dichos objetos (si es que existen) no tienen naturaleza intrínseca. Ellos son simplemente lugares en una estructura que es la forma abstracta de un conjunto de sistemas. Así, la estructura de número-natural es la forma común de todos los sistemas de números naturales, como la estructura de espacio-euclídeo lo es de todos los sistemas euclidianos. Es por ello que Brading y Landry consideran que la noción central para la variedad de realismos estructurales es la de “estructura compartida” [*shared structure*]. No obstante, aunque esta es una idea compartida por la familia semanticista, y en especial por EM, cuando afirman:

Los modelos son [...] aquellas cosas de que trata una teoría. Una teoría tiene normalmente muchos modelos. Por ser todos modelos de la *misma* teoría tienen algo en común. Hablando de manera aproximada, lo que tienen en común es que todos ellos comparten *la misma estructura*” (Balzer, Moulines and Sneed 1987: 3).

Sin embargo, estos tres autores reconocen que lo anterior “es una caracterización demasiado general todavía” (1987: 3), pues la expresión “comparten la misma teoría” dice dos cosas esencialmente distintas: *a*) que todos pueden ser subsumidos bajo el mismo marco conceptual, *i.e.*, todos son $M_p(T)$, y *b*) que todos, además, satisfacen las mismas leyes y, en el caso de las teorías empíricas, otro tipo de restricciones, *i.e.*, son $M(T)$.

Para Brading y Landry (2006) es necesario distinguir la *clase de objetos* de que habla el SM y los *objetos particulares*. Esta diferencia ontológica entre dos tipos de objetos es importante para las matemáticas pues —según estas dos autoras— sus objetos son *clases de objetos* y no *objetos particulares*. En forma análoga, en las teorizaciones de la física es necesario distinguir el *objeto teórico* de su realización y/o instancia física, pues en ella se habla de “electrones” como objetos teóricos y no de “electrones” como objetos que son realizados en el mundo. En este último caso, la relación teoría/mundo es bastante compleja, pues exige diferenciar dos conexiones distintas: *a*) la conexión entre los *modelos teóricos*

y los *modelos de datos*, y b) la conexión entre *modelos de datos* y fenómenos. La propuesta de Brading y Landry es que en las teorías físicas, como en las teorías matemáticas, las teorías *presentan* la clase de objetos de que ellas tratan, de suerte que su compromiso ontológico es únicamente con una la *clase de objetos* que comparten una estructura, no con individuos particulares. Sin embargo, las teorías se aplican a los fenómenos justo en el caso en el que los modelos teóricos y los modelos de datos que *representan* los distintos fenómenos (objetos particulares) comparten con los modelos de datos la misma estructura, *i.e.*, son isomorfos.

Bibliografía

- BALZER, W., MOULINES, C. U. & SNEED, J. D. (1987) *An Architectonica for Science*. Reidel, Dordrecht.
- BOYD, R. (1983): “On current Status of the Issue of Scientific Realism”, en: *Erkenntnis* 19, pp. 45-90.
- CLARKE, S. & TIMOTHY, D. L. (eds.) (2002) *Recent Themes in the Philosophy of Science. Scientific Realism and Commonsense*. Netherlands, Dordrecht.
- CRUCE, P. & PAPINEAU, D. (2002): “Scientific Realism without Reference”, en: Marsonet, M. (ed.). *The Problem of Realism*. Aldershot, Ashgate Publishing Co.
- DÍEZ, J. y MOULINES, C. U. (1997) *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Barcelona, Ariel.
- FRENCH, S. y LADYMAN, J. (1998) “Remodeling Structural Realism: Quantum Physics and the Metaphysics of Structure”, en: *Synthese* 36, 31-66.
- FRENCH, S. y KRAUZE, D. (2006) *Identity in Physics: A Historical Philosophical, and Formal Analysis*. Oxford: Oxford U. P.
- FRENCH, S. y SAATSI, J. (2006) “Realism about Structure: The Semantic View and Nonlinguistic Representation”, In: *Philosophy of Science* 73 (5): 548-559.
- LADYMAN, J. (1998): “What is Structural Realism?”, en: *Studies in History and Philosophy of Science*, 29, 409-424.
- KRAUZE, D. (2007) *La metafísica de la no individualidad. Ensayo sobre la indiscernibilidad de los quanta*. Florianápolis (versión preliminar en medio magnético).

- MOULINES, C.U. (1991) *Pluralidad y recursión. Estudios epistemológicos*. Madrid, Alianza.
- NEWMAN, M. (2005) “Ramsey-Sentence Realism as an Answer to the Pessimistic Meta-Induction”, en: *Philosophy of Science* 72 (5): 1373-1384.
- PÉREZ, A. R. (1985) “El concepto de teoría empírica de van Fraassen”, en: *Crítica*, vol. XVII, No. 51, México.
- POINCARÉ, H. (1905) *La Valeur de la science* (Versión en inglés: Poincaré, H. (1952) *The Value of Science*. New York, Dover). Paris, Flammarion.
- PSILLOS, S. (1999) *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*. London, Routledge.
- PSILLOS, S. (2001) “Is Structural Realism Possible?”, en: *Philosophy of Science* 68 (Proceedings), S13-S24.
- PUTNAM, H. (1975) *Philosophical papers*, vol. 1: *Mathematics, Matter and Method*, Cambridge U. P.
- RIVADULLA, A. (2010) “Two dogmas of Structural Realism. A confirmation of a philosophical death foretold”, en: *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, Vol. 42, No. 124 (abril 2010), pp. 3-29.
- RUSSELL, B. ([1992] *Analysis of Matter*. London, George Allen & Unwin.
- SMART, J.J.C. (1963) *Philosophy and Scientific Realism*. London, Routledge.
- SMART, J.J.C. (1979) “Difficulties for Realism in the Philosophy of Science”, en: Cohen, L. J. et al. (eds.), *Logic, Methodology and the Philosophy of Science VI*. Amsterdam, North-Holland Publishing Co.
- STEGMÜLLER, W. (1981) *La concepción estructuralista de las teorías*. Madrid, Alianza.
- SNEED, J. D. (1983): “Structuralism and Scientific Realism”, *Erkenntnis* 19, 345-370.
- WORRALL, J. (1989): “Structural Realism: The Best of Both Worlds?”, *Dialectica*, 43, 99-124 (Reimpreso en Papineau, D. (1996): *The philosophy of science*, Oxford, Oxford U.P.).
- VAN FRAASSEN, B. C. (1980): *The Scientific Image*, Oxford, Oxford U. P.