



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

**CONSIDERACIONES ESTRUCTURALISTAS EN TORNO AL
PROBLEMA DEL REALISMO CIENTÍFICO**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**

PRESENTA:

TATIANA SALAZAR JIMÉNEZ

TUTOR:

**SERGIO FERNANDO MARTÍNEZ MUÑOZ
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS**

MÉXICO D.F.

NOVIEMBRE DE 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi padre.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo quiero darle las gracias al Dr. Sergio Fernando Martínez Muñoz, quien desde el primer semestre de la maestría ha acompañado mi proceso académico, me ha brindado asesoría, apoyo y, sobre todo, luz en más de una ocasión que la he necesitado. Agradezco también al Dr. Steven French, quien muy amablemente estuvo dispuesto a dirigir mi estancia en la Universidad de Leeds y siempre con una sonrisa fue aclarando muchas de las dudas que he tenido con respecto a su posición filosófica y cuestiones relacionadas; nuestras conversaciones fueron ampliamente constructivas para mí. También quiero agradecer a los profesores Dr. Mario Casanueva, Dr. José Édgar González, Dr. Elías Okón y Dr. José Luis Rolleri por su disposición para leer mi trabajo y los valiosos comentarios realizados al mismo.

Por otra parte, quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, por el estipendio otorgado entre agosto de 2010 y julio de 2012 gracias al cual pude dedicarme completamente a mis estudios de posgrado y a la realización del trabajo que aquí se presenta; igualmente le doy las gracias por el apoyo económico brindado para realizar mi estancia en el extranjero, la cual fue fundamental para la realización de este trabajo.

Finalmente quiero agradecer a la UNAM y, en especial, a mis compañeros del posgrado, por haberme recibido en este hermoso país. La UNAM no sólo me ha brindado una excelente educación, sino que me ha permitido conocer personas y costumbres maravillosas que han enriquecido ampliamente mi vida. Gracias a la familia Salazar Gasca por todo el apoyo brindado desde el primer minuto de mi llegada a México. Gracias a Alfonso, Aurora, Melisa, Miguel, Mónica y Ruth, su amistad es muy importante para mí. Gracias a mi familia y a Cuauhtémoc... por todo.

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo I	
Realismo estructural: una alternativa al realismo científico clásico	3
El realismo científico clásico	4
La propuesta del realismo estructural	9
Críticas al realismo estructural	18
Capítulo II	
Estructuralismo científico: Empirismo vs. Realismo	27
El empirismo constructivo de van Fraassen	28
Van Fraassen vs. El realismo estructural	35
Capítulo III	
Realismo estructural óptico: ¿la solución definitiva?	43
El problema de la individualidad de las partículas elementales	44
Realismo estructural óptico	51
¿Cómo puede ser el mundo una estructura y nada más?	56

Conclusiones

70

Bibliografía

73

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas fundamentales a los que debe intentar dar respuesta la filosofía de la ciencia es al problema de qué relación existe entre las teorías científicas y el mundo. ¿Son las teorías científicas, en algún sentido, verdaderas o falsas? ¿Podemos pensar que existen realmente las entidades inobservables propuestas por las teorías científicas? Dado el éxito explicativo y predictivo de una teoría, ¿hasta qué punto debemos comprometernos con sus afirmaciones? ¿Debemos pensar que las teorías nos están hablando de un conocimiento del mundo tal y como es, más allá de los fenómenos?, ¿o debemos pensar que son solamente instrumentos a partir de los cuales podemos interpretar, predecir o manipular determinados aspectos de los fenómenos y adoptar cierta actitud frente a los mismos?

Con respecto a las anteriores preguntas, y a otra cantidad de cuestionamientos relacionados con las mismas, son muchas las posiciones que diferentes filósofos a través de la historia han decidido adoptar, ubicándose entre los diferentes matices del realismo y el antirrealismo. El trabajo que propongo tiene como objetivo, en primer lugar, revisar brevemente las principales razones que se han esgrimido para sostener un realismo científico, así como las críticas más relevantes que se le han hecho al mismo; por otra parte, pretendo estudiar algunas de las alternativas más prometedoras que se han planteado en los últimos años, concentrándome particularmente en el llamado *realismo estructural óptico*, propuesto en su versión inicial por Steven French y James Ladyman, con la intención de evaluar su respuesta a las preguntas anteriormente mencionadas.

En primer capítulo se introduce el problema del realismo científico, se revisan las motivaciones y principales argumentos del *realismo científico clásico* e inmediatamente algunas de las críticas más importantes que se le han hecho al mismo, entre las que se cuenta la llamada *metainducción pesimista*, que se basa en ejemplos históricos para mostrar que adoptar el realismo nos lleva a aceptar como verdaderas cosas que seguramente resultarán falsas en el futuro. A continuación se presenta una de las propuestas de corte

realista más prometedora y que busca salvar las intuiciones del realismo científico del argumento histórico mencionado, a saber: el *realismo estructural*. Veremos cómo de esta propuesta se deriva el llamado *realismo estructural óptico*, el cual tiene particular interés en dar cuenta de las teorías de la física contemporánea planteando una metafísica revolucionaria, aunque repulsiva para muchos, y al que prestaremos especial atención dentro de este trabajo.

En el segundo capítulo se hace referencia al trabajo de uno de los antirrealistas más influyentes de la filosofía de la ciencia actual: Bas van Fraassen. Se presentan sus críticas tanto al realismo científico clásico como al realismo estructural óptico y se esboza su propuesta antirrealista conocida como *empirismo constructivo*, con la que pretende no sólo hablar de la relación entre las teorías científicas y el mundo, sino también del papel fundamental que juega el ser humano como observador de ese mundo y como desarrollador de esas teorías.

En el tercer capítulo y ya habiendo revisado las críticas más generales que se le hacen al realismo estructural óptico en los dos capítulos anteriores, me dispongo a estudiar con profundidad dicha propuesta, sus motivaciones, argumentos y su defensa a algunas de las críticas más importantes que se le plantean. Sugiero allí mismo un esbozo de solución y, finalmente, algunas conclusiones.

CAPÍTULO I

REALISMO ESTRUCTURAL: UNA ALTERNATIVA AL REALISMO CIENTÍFICO CLÁSICO

Como sucede con casi cualquier problema filosófico, no existe una propuesta única a la cual se adhieran todos los que en algún sentido se consideran realistas científicos, sino que, dependiendo de los aspectos de las teorías científicas que hayan de tenerse en cuenta para su caracterización, el realismo adquiere diferentes matices. Para empezar, identifiquemos algunas de las posturas principales en torno al problema del realismo científico; téngase en cuenta que, típicamente, un realista no se adscribe a una sola de estas posturas, sino que suele estar comprometido con varias de ellas y así define su posición realista general. Puede considerarse que la posición realista más elemental es la conocida como *realismo metafísico* u *ontológico*, cuyo compromiso básico es con la existencia de las entidades teóricas (inobservables) postuladas por las teorías de las ciencias maduras. En respuesta a esta posición se encuentra una posición antirrealista contraria, a saber, el *instrumentalismo sobre entidades*, que afirma que las entidades teóricas son simplemente recursos útiles para la elaboración de predicciones y que no hay razón alguna para comprometerse con su existencia.

Otra de las posiciones realistas típicas es el *realismo epistemológico*, que está de acuerdo con la idea de que las teorías científicas proporcionan un conocimiento *adecuado* de la realidad tal y como ésta es, independientemente de nuestros procesos cognitivos. La posición antirrealista opuesta sería el *fenomenismo*, que considera que las teorías científicas sólo hablan de fenómenos observables y que no hay por qué pensar que éstas están diciendo nada con respecto a lo que hay más allá de los mismos. Se entiende que un realista epistemológico es, por definición, también un realista ontológico.

Por otra parte se encuentra el *realismo semántico*, que sería un caso particular del realismo epistémico, y cuya particularidad es que se compromete con la idea más específica de que las teorías científicas son susceptibles de ser verdaderas o falsas y su valor de verdad

se fija de acuerdo a su correspondencia con la realidad. Una respuesta antirrealista, entre varias, sería el *instrumentalismo teórico*, que sostiene que las teorías son herramientas empíricamente adecuadas o inadecuadas para determinados propósitos, pero de las que no puede predicarse verdad o falsedad. Otras respuestas al realismo semántico estarían dirigidas a la manera en la que se fija el valor de verdad de las teorías, aceptando el supuesto de que lo tienen.

Por último, vale la pena mencionar el *realismo progresivo*, que sugiere que la ciencia se acerca progresiva y acumulativamente a la verdad, asegurando que las nuevas teorías contienen más verdad que las anteriores, en tanto que contienen, de alguna forma, todo lo que sus antecesoras habían dicho correctamente más algo nuevo. A esta postura se le opondría el *antirrealismo sobre el progreso*, que sencillamente afirma que no se puede decir, acerca del progreso científico, que éste suponga necesariamente un acercamiento a la verdad, en el sentido de que lo que se considera como *progreso* puede depender, por ejemplo, de factores pragmáticos que alejen a la ciencia de aquella, por no mencionar lo complicado que puede ser hablar del acercamiento a una verdad de la que poco podemos decir.¹

El realismo científico clásico

A partir de las anteriores posturas, nace una posición más general que es a la que comúnmente suele llamársele *realismo científico clásico*. Dicho de manera sucinta, el realismo científico clásico sienta una posición con respecto a la relación que las teorías científicas tienen con el mundo, a saber, está a favor de la idea de que dichas teorías pretenden hablar de la naturaleza de las cosas tal y como son y que cuando una de ellas es aceptada, no sólo se debe a su valor instrumental, sino que hay una preocupación por el hecho de que la manera en la que se plantea que son las cosas sea verdadera. Van Fraassen, un antirrealista o, mejor, un agnosticista de la ciencia declarado, presenta una formulación en la que él considera que se resume la posición realista básica:

¹ Diéguez, Antonio. Realismo científico, una introducción al debate actual. Universidad de Málaga: 1998. p. 79.

La ciencia aspira a proporcionarnos en sus teorías una historia literalmente verdadera de cómo es el mundo y la aceptación de una teoría científica involucra la creencia de que ésta es verdadera.²

Aunque podría decirse que esta formulación es muy estricta con los compromisos que le atribuye al realista, precisamente porque el objetivo del autor en el texto citado es desvirtuar a partir de ella tal posición, sí puede aceptarse que logra recoger el espíritu del realismo científico. En general, suele entenderse que el realismo clásico acepta dos tesis fundamentales, a saber, un realismo ontológico y un realismo epistemológico o, en un sentido más fuerte, un realismo semántico.

Es evidente que la ciencia es una actividad exitosa. A lo largo de su historia, la ciencia ha ido desarrollando un método que, al aplicarlo en el planteamiento de teorías, consistentemente logra llevarnos a afirmaciones adecuadas acerca del mundo observable, las cuales nos permiten predecir fenómenos y manipular variables para obtener resultados deseados con una asombrosa exactitud. Que los resultados de la actividad científica son impresionantemente útiles en el sentido anterior es algo en lo que antirrealistas y realistas están de acuerdo. La diferencia que parece haber, al menos entre instrumentalistas y realistas, es que estos últimos están seriamente preocupados en explicar *por qué la ciencia es tan exitosa*; mientras que para los primeros el éxito de la ciencia sería algo inseparable de la misma, pues, en su visión, ésta es concebida como un instrumento para manipular el mundo y un instrumento es útil (para un uso determinado) por definición.

Entendida la preocupación de la que nace el realismo, el principal argumento que exponen los realistas para defender su posición es el llamado “argumento del no-milagro”, presentado inicialmente por Hilary Putnam³ en 1975⁴. Este argumento se basa en la inferencia a la mejor explicación para afirmar que si las teorías científicas no fueran una descripción verdadera, o aproximadamente verdadera, del mundo real, tal y como es más allá de la observación, el éxito que ha demostrado tener la ciencia sería un milagro. En otras palabras, los realistas consideran que la mejor forma de explicar el éxito de la ciencia, y el

² Van Fraassen, Bas. C. *The Scientific Image*. Oxford: Clarendon Press, 1980. p. 8.

³ Aunque en la literatura al introducir el argumento del no-milagro suele hacerse referencia a Putnam, se reconoce que anteriormente dicho argumento ya había sido esbozado por J.J.C. Smart en su texto de 1963 *Philosophy and Scientific Realism*.

⁴ Putnam, Hilary. *Mathematics, Matter and Method*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975. p. 73.

progreso científico como tal, es que las teorías de las *ciencias maduras* son aproximadamente verdaderas.

Claramente es importante la cuestión acerca de qué es lo que debe entenderse como “éxito” y como “ciencia madura” en el argumento anterior. La noción de *madurez científica* ha sido criticada y señalada como notoriamente vaga⁵; con ésta se busca trazar una línea que divida dos supuestas etapas en la historia de una disciplina científica: una etapa primitiva y una etapa de madurez. Si estudiamos la historia de la ciencia, en cierto sentido es posible identificar con relativa facilidad dichas etapas, por ejemplo, con respecto a la física de Aristóteles la mayoría estaríamos dispuestos a defender que definitivamente no es una instancia de una ciencia madura; pero quizá el caso de la teoría del flogisto sería un poco más controversial, aunque, habiendo convenido en su falsedad, el realista científico aseguraría que correspondió a una etapa primitiva de la química. Así pues, el problema consiste en plantear un criterio general que nos permita determinar inequívocamente cuándo una ciencia ha de considerarse como madura; es aquí donde las cosas se complican: hay que encontrar una característica que sea común a todas las ciencias que el realista desea que encajen en su argumento y que definitivamente no la posean aquellas ciencias que lo harían tambalear. Algunas de las respuestas más aceptadas apuntan a identificar la madurez científica con el éxito científico, señalando que el éxito debe atribuirse a aquellas teorías que no sólo consiguen predecir con exactitud fenómenos familiares, sino que logran hacer predicciones novedosas⁶; es decir, predicciones acerca de fenómenos de un tipo nunca antes observado que la experiencia resulta confirmar, generalmente, a través de los resultados de experimentos planteados precisamente para toparse con ellos; por ejemplo, el fenómeno de la curvatura de la luz predicho por la teoría de la relatividad general de Einstein y confirmado tras la observación de la posición relativa de una estrella durante un eclipse de sol. Dado esto, aquellas ciencias cuyas teorías son sistemáticamente exitosas en el sentido anterior son las ciencias a las que el realista científico llamará “maduras” y sobre las que predicará su posición.

Olvidándonos por el momento de los problemas que puede haber con las nociones de madurez y éxito científico, las críticas que se le plantean al argumento del no-milagro, y al

⁵ Votsis, Ioannis. *The epistemological status of scientific theories: an investigation of the structural realist account*. London: London School of Economics, 2009. p. 28.

⁶ Worrall, John. “Structural Realism: The Best of Both Worlds?” en: *Dialectica* Vol. 43, N° 1-2, 1989. p. 114.

realismo científico en general, son variadas y van desde señalamientos lógicos, como apuntar que el argumento es una forma de afirmación del consecuente o un argumento circular, hasta remitirse a la historia de la ciencia para acusar que dicha posición hubiera llevado a aceptar como aproximadamente verdaderas afirmaciones que después llegaron a considerarse absurdas. No vamos a entrar a detalle aquí en todas estas objeciones, baste presentar algunas de las más importantes para hacerse una idea de la problemática. Por ejemplo, dejando de lado el cuestionamiento inmediato de *por qué es necesario explicar el éxito científico*, una de las objeciones más típicas al realismo consiste en señalar que el argumento del no-milagro plantea un falso dilema, a saber: o el realismo científico es adecuado o el éxito de la ciencia es un milagro; como racionalmente no vamos a depositar nuestra fe en milagros, entonces no hay dilema alguno, la única opción que nos queda es ser realistas, pero, ¿por qué tendrían que ser esas dos las únicas opciones? ¿Acaso no existe ninguna otra forma de explicar el éxito científico?⁷

Si la defensa del realista a las cuestiones anteriores consiste en decir que sí es posible que haya otras maneras de explicar el éxito científico, pero que, de cualquier forma, el realismo es la mejor opción y, por tanto, debemos acogernos a él, entonces se le plantean otras cuestiones: primero, ¿qué hace que el realismo sea la mejor explicación?, y segundo, así el realismo fuera la mejor explicación entre las disponibles para el éxito científico, eso no implica que sea necesariamente correcta, pues es posible que entre todas las hipótesis que tenemos para explicar el éxito científico ninguna fuera *la verdadera*⁸.

Siguiendo con la anterior crítica, es aquí donde se señala que el argumento del realista es un argumento circular, pues para construir su argumento el realista procede aceptando la *inferencia a la mejor explicación* como una operación de inferencia válida para concluir que dado que el realismo es la mejor explicación para el éxito científico, entonces el realismo es verdadero. Pero resulta que los antirrealistas no aceptan la inferencia a la mejor explicación a ningún nivel, es decir, no aceptan que la teoría científica que mejor explique un fenómeno es verdadera ni tampoco la inferencia de meta-nivel de que la mejor

⁷ En el siguiente capítulo veremos una de las explicaciones alternativas que propone van Fraassen.

⁸ Ésta es una objeción que no sólo se le plantea al argumento realista, sino, en general, a cualquier forma argumental de *inferencia a la mejor explicación*. Al igual que la inducción por enumeración, la inferencia a la mejor explicación tampoco hace necesaria la verdad del consecuente, pues nada asegura que entre las posibles explicaciones de las que se dispone para dar cuenta de determinado fenómeno se encuentre la explicación adecuada o verdadera.

explicación para el “fenómeno” que constituye el éxito científico sea verdadera. Van Fraassen propone una posición alternativa en la que la mejor explicación para un fenómeno no nos predispone a creer que sea verdadera, sino que “estamos dispuestos a creer que la teoría que mejor explica la evidencia es *empíricamente adecuada*.”⁹

Siguiendo con las objeciones a la postura realista, quizás la más importante y sobre la que mucho han trabajado los defensores del realismo sin encontrar una respuesta del todo satisfactoria, es la que se deriva de la *metainducción pesimista* formulada por Laudan en 1981¹⁰. El autor se basa en hechos históricos para plantear un argumento inductivo que puede esbozarse de la siguiente forma:

P1. En la historia de la ciencia han existido casos de teorías ampliamente exitosas que postulaban entidades (o procesos) que después de un tiempo se llegó a determinar que no referían a entidades (o procesos) en el mundo, es decir, tales teorías no estaban describiendo la realidad de manera verdadera o aproximadamente verdadera: eran *falsas*.

P2. No hay razón para pensar que no va a suceder lo mismo con las teorías aceptadas en la actualidad.

Conclusión. Es posible que las teorías aceptadas en la actualidad lleguen a ser consideradas falsas en un futuro (o, en un sentido más fuerte, debemos asumir que de hecho así será).

Lo que se sigue del argumento anterior es que el éxito de una teoría no es razón suficiente para considerarla ni siquiera aproximadamente verdadera, por lo que el realista científico estándar queda desprovisto del arma más importante que poseía para defender su posición. Algunos han intentado responder rechazando los casos particulares expuestos por Laudan para construir su argumento, a veces apelando a que no eran teorías de ciencias que pudieran considerarse maduras; pero lo cierto es que son muchos los casos de este tipo que se encuentran incluso en teorías físicas que difícilmente podrían calificarse como “inmaduras”, por lo que la respuesta del realista a esta crítica debe buscarse por otro medio.

⁹ Van Fraassen. Op. Cit. *The Scientific Image*. p. 20.

¹⁰ Laudan, Larry. “A Confutation of Convergent Realism” en: *Philosophy of Science* Vol. 48(1), 1981. pp. 19-49.

La propuesta del realismo estructural

Una de las respuestas más promisorias al pesimismo de Laudan consiste en adherirse a lo que Chakravartty¹¹ denomina un *escepticismo selectivo*. La idea consiste, básicamente, en que para ser realista no es necesario que *todos* los aspectos de una teoría científica tengan que ser aceptados como verdaderos; con base en esto se abandonaría el realismo clásico y se adoptaría algo que podría ser llamado *realismo limitado*, en el sentido de que se limita lo que ha de considerarse real en una teoría científica. Entre las propuestas que apuntan en este sentido se encuentran el *realismo de entidades* y el *realismo estructural*. El realismo de entidades sostiene que lo que debe aceptarse como real de las teorías de una ciencia madura son sus entidades y no las teorías completas que las describen, pues se entiende que bien pueden estas últimas resultar ser falsas en un futuro. La idea de este tipo de realismo es que una vez que una ciencia ha alcanzado el estado de madurez no se detiene el progreso de la misma, sino que de ahí en adelante se mantiene una continuidad con respecto a las entidades de las que se habla, a pesar de que, como señala Laudan, las teorías vayan siendo reemplazadas por otras; así pues, se mantiene una posición realista sin negar el cambio científico.

Por su parte, el realismo estructural, en términos generales, sostiene que son las estructuras teóricas, y no las teorías en su totalidad, las que describen adecuadamente el mundo, es decir, las estructuras matemáticas planteadas por las teorías científicas maduras *corresponden* a la estructura de la realidad y ésta es la razón de ser del éxito científico. Habiendo aceptado que la historia de la ciencia nos enfrenta una y otra vez a casos de teorías exitosas que fueron rechazadas por encontrarse que las entidades teóricas que proponían no referían, una de las ideas en las que insiste el realista estructural es que debe renunciarse al objetivo de conocer la naturaleza de entidades inobservables a través de las teorías científicas¹². El realismo estructural, tal y como fue propuesto en sus inicios, parte del supuesto de que una estructura puede ser compatible con diversas ontologías, es así como lo que se conserva en los cambios de teorías son las estructuras matemáticas que

¹¹ Chakravartty, Anjan. *A Metaphysics for Scientific Realism, Knowing the Unobservable*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 27 y ss.

¹² Ladyman, James. "Structural Realism" en: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2009 Edition)*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/sum2009/entries/structural-realism/>>.

están representando adecuadamente la realidad, mientras las entidades teóricas pueden ser abandonadas o reemplazadas. Ésta es, a grandes rasgos, la propuesta que presenta Worrall en 1989 en un artículo cuyo título es muy claro con respecto a las intenciones del autor: “Realismo estructural: ¿lo mejor de ambos mundos?” Los dos mundos a los que se refiere serían, precisamente, una posición de corte realista, por un lado, a partir de la cual se pueda dar cuenta adecuadamente del cambio científico descrito por Laudan, por el otro.

Así pues, el realismo estructural busca mantener el argumento básico del realismo estándar y, al mismo tiempo, reconocer el señalamiento de Laudan de que hay discontinuidad entre teorías, sin caer en una actitud pesimista. Esto se consigue al afirmar que la mejor explicación que hay para el éxito de la ciencia es aceptar que ésta habla, en algún sentido, de la realidad y esa parte de la realidad de la que habla corresponde no a la naturaleza de las entidades que pueblan el mundo, sino a las relaciones que hay entre ellas, es decir, a la estructura del mundo. La prueba de lo anterior estaría, supuestamente, en que cuando hay cambios de teorías, en los que hay un cambio sustancial en la ontología, se conservan, de alguna forma, las ecuaciones o estructuras matemáticas, lo que estaría indicando que se trata de la misma estructura: la estructura real del mundo. En palabras de Worrall, “[hay] continuidad o acumulación en el cambio, pero la continuidad es de forma o estructura, no de contenido.”¹³

Al atribuir exclusivamente a las estructuras matemáticas de las teorías de las ciencias maduras la responsabilidad por el éxito predictivo, el compromiso que está haciendo el realista estructural parece ser muy fuerte. Psillos¹⁴ argumenta que no es cierto, en ninguna medida, que una ecuación matemática pueda generar predicciones desprovista de algún otro supuesto o interpretación física. Para hacer una predicción las ecuaciones necesitan llenarse con algún contenido, plantear ciertos supuestos teóricos con respecto a cómo son las cosas más allá de los fenómenos, asumir algunos supuestos auxiliares para poner a prueba las hipótesis, de manera que parece difícil aceptar que el éxito predictivo de una ciencia se deba sólo a las ecuaciones matemáticas que plantean sus teorías¹⁵.

Ahora bien, si el realismo estructural quiere ser “lo mejor de ambos mundos”, la cuestión no es que esté necesariamente obligado a sentar su posición realista a partir de una

¹³ Worrall, John. Op. Cit. *Structural Realism...* p. 117.

¹⁴ Psillos, Stathis. “Is Structural Realism the Best of Both Worlds?” en: *Dialectica* Vol.49, No 1, 1995. p. 29.

¹⁵ Entiéndase la anterior como una de las críticas más generales que se le plantean al realismo estructural.

inferencia a la mejor explicación del éxito científico, como hace el realismo clásico, pero sí debe encontrar un argumento contundente para sostener su idea de que es la estructura matemática de la teoría la que está dando cuenta de la realidad. La idea de inferirlo de la conservación de las ecuaciones matemáticas y del éxito científico, es sólo una de las posibles formas de hacerlo y lo que se le estaría exigiendo es que plantee y se comprometa de manera explícita con una de ellas y busque la forma de blindarla de posibles señalamientos como el descrito en el párrafo anterior, si es que pretende constituir una alternativa plausible.

Siguiendo las características anteriormente señaladas, se distinguen dos tipos de realismo estructural: el *realismo estructural epistémico* y el *realismo estructural óntico*. El realismo estructural epistémico, de quien Worrall sería su primer representante, afirma que lo único que podemos conocer son los aspectos estructurales de la realidad, pero no la naturaleza de las entidades cuyas relaciones están definiendo tales estructuras. Quien se adhiere a este tipo de realismo se compromete con las estructuras propuestas por las teorías científicas maduras, pero se mantiene agnóstico con respecto al resto de su contenido; en otras palabras, no niega que es posible que la naturaleza de las entidades que se encuentran relacionadas a través de dichas estructuras puede ser tal y como dicen las teorías, pero sostiene que lo cierto es que nunca podremos estar seguros de ello. Los defensores de esta línea asumen, pues, que debe haber objetos y propiedades individuales anteriores a la estructura relacional, aunque sean incognoscibles.

Son muchos los ejemplos tomados de la historia de la ciencia en los que se apoya el realista estructural epistémico para dar soporte a su teoría. Particularmente Worrall, en el artículo seminal ya mencionado, toma como ejemplo paradigmático el caso de cambio científico de la teoría de la luz de Fresnel a la de Maxwell para mostrar su punto. Según el autor, es en el análisis que hace Poincaré de este caso donde se encuentra la pista para el planteamiento de un realismo del tipo que él está proponiendo (aunque muchos arguyen que Poincaré no debe entenderse como adscrito a tal posición). Fresnel planteó sus ecuaciones, que lograban describir adecuadamente los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, pensando en ella como vibraciones que se transmitían a través de un medio mecánico, a saber, el éter. Por otra parte, en el marco de la teoría más amplia de Maxwell, y a pesar de la creencia en el éter del mismo autor, la luz parecía tener que ser entendida

como vibraciones en un campo electromagnético, lo que implica que la luz no necesita de un medio material para propagarse, puede hacerlo en el vacío. El punto interesante es que resulta ser que en la teoría de Maxwell las ecuaciones de Fresnel se cumplen exactamente igual, es decir, el andamiaje matemático para dar cuenta de los fenómenos ya descritos por la teoría previa se mantiene. La idea, entonces, es que en el ejemplo mencionado hay un progreso acumulativo en el sentido de que, aunque la concepción de la naturaleza de la luz cambia radicalmente, se conserva de una teoría a otra la estructura matemática con la que se describe parte importante de su comportamiento y se agrega algo más a la misma para dar cuenta de otros fenómenos, de manera que puede decirse que a pesar de que Fresnel tenía una idea equivocada de la naturaleza de la luz, sus ecuaciones habían capturado correctamente su estructura:

[...] aunque, desde el punto de vista de la teoría de Maxwell, Fresnel identificó completamente mal la *naturaleza* de la luz, su teoría describía con precisión no sólo los efectos observables de la luz, sino su *estructura*. No hay un éter sólido elástico; hay más bien, desde el punto de vista posterior, un campo electromagnético (incorpóreo). El campo no se aproxima en un sentido claro al éter, pero las perturbaciones en él obedecen a leyes *formalmente* similares a aquellas obedecidas por perturbaciones elásticas en un medio mecánico. Aunque Fresnel estaba completamente equivocado acerca *de lo que* oscila, desde este punto de vista posterior estaba en lo correcto, no sólo acerca de los fenómenos ópticos, sino también en que estos fenómenos dependen de las oscilaciones de una cosa u otra en los ángulos adecuados a la luz.¹⁶

Algo que recalca Worrall es que no debe pensarse que la teoría de Fresnel, aunque equivocada, simplemente lograba dar buena cuenta de los datos empíricos por casualidad, sino que dado que sus ecuaciones se conservan, debe entenderse que estaba en lo correcto con respecto a algo, ese algo es la estructura de la realidad. Es en lo anterior donde se logra captar cómo es que el realismo estructural concibe el progreso científico y qué es lo que considera *real* de las teorías.

El análisis de ésta y otras situaciones de cambio de teorías, en las que parece conservarse parte de la estructura matemática con la que se pretende describir lo que está

¹⁶ Worrall, John. Op. Cit. *Structural Realism...* p. 118.

pasando en el mundo, lleva a Worrall a concluir que hay continuidad en el cambio científico. Tal continuidad depende de que la estructura matemática se conserve, ya sea intacta o como caso límite de la nueva estructura, de una teoría a su sucesora, lo que es un signo claro de que dicha ciencia va por buen camino, de que la estructura que está proponiendo corresponde con la realidad, aunque las entidades que supone puedan estar equivocadas y concebirse de maneras distintas a medida que progrese.

Por su parte, el realismo estructural óptico, entre cuyos principales defensores se encuentran Steven French y James Ladyman, se compromete con la idea más fuerte de que, de hecho, sólo tenemos conocimiento de aspectos estructurales de la realidad, porque no hay nada más para ser conocido, es decir que “todo lo que hay es estructura”¹⁷. A diferencia de la versión epistémica, el realismo estructural óptico asume que las estructuras son sustancias ontológicas primitivas que tienen más realidad que los objetos. Generalmente, cuando se matematiza la estructura de una teoría científica se hace planteando un modelo como una dupla ordenada de la forma $\langle A, R \rangle$, donde A son los entes y R las relaciones entre ellos; dado lo anterior, para el realista estructural óptico la forma correcta de leer la dupla sería de derecha a izquierda y no de izquierda a derecha, pues resulta ser que es la estructura la que determina completamente las entidades.

A diferencia del realismo de Worrall, que surge explícitamente en el afán de responder al pesimismo de Laudan, el realismo estructural óptico es una propuesta eminentemente metafísica que tiene como objetivo principal ofrecer una opción realista en la que se proponga una ontología que sea apropiada a la mecánica cuántica y a la relatividad general, teorías cuyas implicaciones no logran ser adecuadamente capturadas por la concepción clásica de la ciencia. Básicamente, la inspiración para esta forma de realismo estructural surge de problemas fundamentales que se presentan en la nueva física, como el de los estados entrelazados (o enredados) de partículas elementales¹⁸ y la identidad e individualidad de las partículas cuánticas y de los puntos espacio-tiempo. Otra de las

¹⁷ Ladyman, James; Ross, Don. *Every Thing Must Go*. New York: Oxford University Press, 2007. p. 130.

¹⁸ El entrelazamiento cuántico ocurre cuando partículas elementales interactúan físicamente formando un sistema en el que sus componentes no pueden ser descritos de manera independiente. En otras palabras, el desafío consiste en que en los estados cuánticos entrelazados las partículas no tienen cada una un estado particular que le sea propio, independientemente de las demás partículas, sino que hace parte del estado general del ensamble de partículas y sus propiedades relacionales se definen necesariamente en ese entrelazamiento.

preocupaciones del realista estructural óptico radica en el problema de la representación científica, en particular del papel de los modelos y las idealizaciones en física.¹⁹

Dado que la física actual nos está dando a entender que la naturaleza de la materia, el tiempo y el espacio no es compatible con las concepciones estándar acerca de la relación ontológica entre individuos, propiedades intrínsecas y relaciones, la idea del realismo estructural óptico es proponer una tesis metafísica que le dé prioridad ontológica a la estructura, a las relaciones, por encima de los objetos. Para conseguir el propósito mencionado se han considerado varias vías, quizá la principal y la más discutida es la defendida por French y Ladyman y que ha sido entendida como un eliminativismo de los objetos sobre los que la ciencia no puede dar cuenta: no hay objetos, sólo estructura relacional. Como veremos más adelante a profundidad, la idea del realismo estructural óptico eliminativista considera que no tiene sentido alguno tratar de concebir un objeto como algo completamente aislado de cualquier estructura; que los objetos son más bien características de la estructura, son algo que surge como resultado del conjunto de relaciones que lo definen y que pensados por fuera de ellas no son nada.

La crítica inmediata a la propuesta eliminativa es que no parece posible que exista una relación sin *relata*, es decir, sin que haya objetos que se estén relacionando a través de ella. Aunque posteriormente en este trabajo se va a realizar un análisis detallado de ésta y otras críticas importantes al realismo estructural óptico, baste por el momento con hacer notar que una de sus defensas a este señalamiento es que no se está afirmando que no haya objetos que se relacionan, sino que dichos objetos no son nada aislados de la estructura de la que hacen parte, su ontología depende enteramente de la estructura cuya existencia es anterior y más básica. Hay que entender que el eliminativista no está predicando la idea absurda de que los objetos con los que nos relacionamos todos los días no existen; el realista estructural definitivamente acepta un realismo básico acerca de los objetos ordinarios, lo que le inquieta, como se ha dicho, es lo que sucede a nivel de las partículas cuánticas, en donde los objetos no pueden ser tratados como individuos y difícilmente puede ser definida su naturaleza para luego dar cuenta de sus relaciones, por lo tanto, su estatus ontológico debe ser diferente al que hemos asumido con respecto a los objetos con los que estamos acostumbrados a tratar y eso es lo que busca solucionar con su propuesta.

¹⁹ Ladyman. Op. Cit. "Structural Realism" en: *The Stanford Encyclopedia...*

Entre las formas argumentales que ha tomado el realismo estructural óptico se defienden ideas como la de que hay relaciones que no supervienen a las propiedades intrínsecas y espacio-temporales de sus relata –como típicamente se ha asumido–; o que los objetos individuales no tienen naturalezas intrínsecas; o que los hechos acerca de la identidad y diversidad de los objetos son ontológicamente dependientes de las estructuras relacionales de las que hacen parte; en fin, son muchas las ideas que se contemplan actualmente como posibles candidatos para una nueva concepción metafísica de la ciencia, lo esencial es tener siempre presente que su preocupación se deriva de las discontinuidades metafísicas que trae consigo la física moderna y que no pueden tomarse como simples casos anómalos de la ciencia, pues, al fin y al cabo, representan la cúspide del progreso científico.

Ahora bien, lo que es importante tener claro hasta aquí es que el realista estructural óptico está definitivamente comprometido con la posición de que la estructura del mundo es ontológicamente anterior a cualquier otra cosa; no es que las entidades del mundo (observables o inobservables) anden sueltas buscando a qué estructura relacional adherirse, sino que es la estructura misma del mundo la que define dichas entidades. No hay forma de concebir las entidades sin estructura, no debe hablarse de la naturaleza de los entes teóricos como intentando dar una lista de propiedades intrínsecas a ellos; en el fondo todas las propiedades resultan siendo relacionales y por lo mismo es que la estructura propuesta por las teorías científicas es la única que nos va a ofrecer un conocimiento de la realidad.

Dado lo anterior, el realismo estructural óptico podría, tal vez, no ser considerado como una propuesta de escepticismo *selectivo* como dice Chakravarty, pues no se estaría seleccionando qué es lo que va a considerarse real de las teorías científicas maduras, sino que, simplemente, la estructura subyacente es lo *único* que es susceptible de realidad y, en ese caso, el realismo estructural óptico es un realismo “total”, en el sentido de que es realista con respecto a todo lo que, de hecho, se puede ser realista.

Por otra parte, puede pensarse que si se asume este tipo de realismo, quizá sería útil desarrollar una nueva forma de presentar las teorías científicas, intentando eliminar de su vocabulario los términos que hemos dado en llamar “teóricos”, que hacen referencia a objetos, y buscar que todo sea descrito a través de términos estructurales. Con respecto a esto, los defensores del realismo estructural óptico llaman la atención en que no es

necesario eliminar el hablar acerca de objetos en ciencia, siempre y cuando se tenga presente que es sólo un recurso pragmático y que en ningún momento habrán de entenderse los supuestos objetos como teniendo una existencia aislada y más básica que la de la estructura²⁰.

Quede claro, entonces, que la diferencia entre las dos líneas principales del realismo estructural (epistémico y óntico) es sustancial, no sólo porque nacen de preocupaciones diferentes, sino porque suponen visiones metafísicas radicalmente distintas del mundo que describe la ciencia con respecto a la cual pretenden ser realistas. Aún así, es necesario recalcar que, obviamente, comparten algunos supuestos fundamentales que las distinguen de otras concepciones realistas, a saber²¹:

- Ambos se comprometen con la afirmación de que la ciencia es progresiva y acumulativa y que el crecimiento de nuestro conocimiento de la estructura del mundo va más allá del conocimiento de regularidades empíricas.
- Ambos se apartan del realismo científico estándar al rechazar la referencia término a término de las teorías y, por lo tanto, la semántica referencial estándar y cualquier concepción de verdad aproximada basada en ella.
- Ambos afirman que las teorías científicas no nos dan conocimiento de naturalezas intrínsecas de objetos individuales inobservables.

Ahora, con respecto a la relación entre el realismo estructural y el realismo científico estándar, las líneas epistémica y óntica divergen, precisamente, porque la primera sigue compartiendo la misma concepción metafísica del mundo con el realismo estándar, mientras la segunda busca reconceptualizarla para dar cuenta, no sólo de la posición realista frente a la ciencia, sino del contenido de la ciencia misma. En el siguiente párrafo, Ladyman sintetiza la defensa de su postura realista, que, al igual que el realismo científico clásico, se basa en el argumento del no-milagro; mientras, al mismo tiempo, establece

²⁰ French, Steven; Ladyman, James. “In Defence of Ontic Structural Realism” en: *Scientific Realism*, Editado por Peter Bokulich y Alisa Bokulich. Springer: Boston Studies in Philosophy of Science, Vol. 281, 2011. pp. 37-38.

²¹ *Ibíd.* p. 27.

explícitamente la contraposición que existe entre el realismo estándar y su propuesta de realismo estructural:

Si la ciencia nos habla acerca de relaciones modales objetivas entre los fenómenos (tanto posibles como actuales), entonces el éxito predictivo novedoso ocasional no es milagroso, sino esperado. [...] Lo que diferencia la forma resultante de realismo estructural del realismo científico estándar es que este último considera las relaciones modales independientes-de-la-mente entre fenómenos como supervenientes en las propiedades de objetos inobservables y las relaciones externas entre ellos, en lugar de tomar esta estructura como siendo ontológicamente básica.²²

Hasta aquí ha quedado caracterizada, en términos generales, la propuesta del realismo estructural y las particularidades de sus dos líneas principales, que surgen de una visión diferente de por qué es la estructura de las teorías lo que debe tomarse como refiriéndose a la realidad en las teorías científicas. Cada una de las dos variantes proviene, siguiendo a Psillos²³, de poner cierta restricción a lo que puede ser cognoscible de ese mundo independiente de la mente con el que cualquier tipo de realista se compromete; así, la variante epistémica restringe el conocimiento a la estructura, negando que exista la posibilidad de conocer otros componentes de ese mundo, por ejemplo los entes inobservables; mientras la variante óptica restringe el conocimiento a la estructura, diciendo que, de hecho, no hay nada más para ser conocido.

Además de los supuestos comunes anteriormente señalados para las dos variantes del realismo estructural, Psillos, uno de los principales detractores de este tipo de realismo, identifica tres tesis fundamentales con las que, supuestamente, cualquier realista estructural se compromete, a saber:

1. Las teorías científicas nos desvelan, por medio de su estructura matemática, la estructura de la realidad.

²² Ladyman, James. "Science, Metaphysics and Structural Realism" en: *Philosophica* 67, 2001 p. 73.

²³ Psillos, Stathis. "Is Structural Realism Possible?" en: *Philosophy of Science* Vol. 68, No. 3, 2001. pp. S13-S24.

2. Una estructura matemática es compatible con diferentes ontologías, sin que haya un criterio para determinar cuál es la correcta.
3. Las estructuras matemáticas que corresponden a la estructura real del mundo sobreviven al cambio de teorías.

Como se verá a continuación, para cada una de estas tesis se han planteado diferentes críticas, siendo la más grave de ellas la que va dirigida contra la primera tesis y que tiene que ver con el problema ya mencionado en relación a cómo se supone que una estructura matemática logra representar una estructura del mundo real, problema que se convertirá en el principal dolor de cabeza de los realistas estructurales.

Críticas al realismo estructural

Acerca de la primera tesis

La primera tesis del realismo estructural, en la que se afirma que a través de las estructuras teóricas podemos conocer la estructura de la realidad, se basa en la idea de que las estructuras matemáticas de las teorías *representan* adecuadamente las estructuras de la realidad, tanto de lo observable como de lo inobservable. El problema es que no existe una definición satisfactoria de lo que significa, en este caso, *representar la estructura de la realidad*: ¿cómo puede representar una estructura matemática algo que no es abstracto?²⁴

Este problema no es exclusivo del realismo estructural, sino que se le plantea, en general, a toda propuesta de corte estructuralista. Por ejemplo, la propuesta antirrealista de van Fraassen con respecto a la relación que existe entre el mundo y las teorías científicas, a la que ha dado el nombre de *empirismo constructivo*²⁵, se inscribe dentro de la visión estructuralista de la ciencia con la que el autor se identifica. El empirismo constructivo básicamente sostiene que el valor epistémico de las teorías científicas consiste en que construyen explicaciones que salvan los fenómenos observables, pero que no tenemos

²⁴ Madrid, Carlos M. “El realismo estructural a debate: matemáticas, ontología y representación” en: *Revista de Filosofía*: Vol. 33 Núm. 2, 2008. pp. 49-66.

²⁵ Más adelante, en este trabajo, se entrará con un poco más de detalle en esta propuesta y cómo es que su autor se opone al realismo estructural.

razón alguna para comprometernos con su verdad y menos con la existencia de los entes que en ellas se postulan. Como se dijo, esta propuesta, al igual que el realismo estructural, está enmarcada dentro de una concepción estructuralista de las teorías científicas, por lo que también se enfrenta al problema de cómo es que una estructura teórica representa el mundo.

Dado que lo fundamental para van Fraassen son los datos empíricos, la solución que encuentra consiste en decir que existe un *isomorfismo* entre la estructura teórica y la estructura de lo que él llama el *modelo de datos*. Hay, entonces, tres niveles de estructura: la estructura matemática (o teórica), que se plantea en la teoría; la estructura del modelo de datos, que básicamente está determinada por lo que al científico, como observador, le parece relevante de los fenómenos del mundo; y la estructura de la realidad, ésa que incluye no sólo los fenómenos, sino aquello que hay (o puede haber) detrás o más allá de ellos. Aunque la solución que encuentra van Fraassen puede llegar a ser útil para su propuesta, pues, como se ha dicho, para él lo importante es que la teoría sea empíricamente adecuada, lo cierto es que se queda a medio camino si intenta utilizarse como respuesta al problema del realismo estructural, pues si la estructura matemática representa la estructura del modelo de datos, queda haciendo falta algo que explique cómo la estructura de ese modelo de datos representa la estructura de la realidad, para que quede completa la idea del realismo estructural de que las estructuras planteadas por las teorías representan la estructura de la realidad. ¿Podría apelarse también al isomorfismo en este segundo paso?

Según Psillos, desde un punto de vista realista debería ser posible, al menos en principio, que el mundo tuviera “estructura extra”, es decir, estructura que no se manifestara necesariamente en los fenómenos, si así fuera, no podría haber una relación de isomorfismo entre la estructura de los fenómenos (estructura del modelo de datos) y la estructura del mundo, sino una relación de incrustación (*embedding*), pues la primera sería isomorfa sólo con una parte de la segunda²⁶. Así pues, parece que esa parte extra de la estructura del mundo permanece incognoscible, pues desde la relación de isomorfismo, que podría decirse que existe entre la estructura teórica y la estructura del modelo de datos, no es posible hacer un salto para inferir cómo es la estructura del mundo en realidad y el

²⁶ Psillos. Op. Cit. *Is Structural Realism Possible?* p. S15.

realista estructural se queda al borde del abismo entre la estructura de los fenómenos y la estructura del mundo, sin poder justificar su tesis básica.

Dado que el isomorfismo no parece funcionar para los fines del realista estructural, una respuesta rápida consiste en la idea de concebir la representación estructural como una relación de homomorfismo, la crítica que se hace en este sentido es que es una relación muy débil para soportar las pretensiones del realista. La cuestión es que el homomorfismo, a diferencia del isomorfismo, es unidireccional, por lo que si se asegura que la estructura teórica implica la estructura del mundo, no se puede asegurar lo contrario y, tal como sucedía anteriormente, la posible estructura extra del mundo queda desconocida.

Como dije justo antes de iniciar la presente sección, el problema de la representación es quizá el más difícil al que ha tenido que enfrentarse el realismo estructural en general y, por lo mismo, son muchas y entreveradas las propuestas que se han puesto sobre la mesa con miras a resolverlo. Adentrarnos en dicha discusión de manera detallada, en este momento, excede los límites de este trabajo, aún así, considero importante presentar, por lo menos a grandes rasgos, una de las propuestas que más resonancia está teniendo en la actualidad, sobre todo porque es la que sostienen los defensores del realismo estructural óptico que me interesa estudiar más a fondo en el presente trabajo. La idea es argumentada, entre otros, por Otávio Bueno, Steven French y James Ladyman²⁷ y consiste en extender la concepción semántica de teorías para introducir la noción de *estructuras parciales*; esto permite llegar a hablar de relaciones de *isomorfismo parcial* entre dichas estructuras y, extendiéndola aún más, dar lugar al planteamiento de una relación de *homomorfismo parcial*, con lo que es posible abrir una dimensión heurística importante para el desarrollo de teorías.

Relacionándolo con el problema que nos atañe, se introduce el *isomorfismo parcial* para dar cuenta de la relación que existe entre la estructura teórica y la estructura del modelo de datos, pues los autores consideran que la caracterización que hace van Fraassen de la adecuación empírica a partir de un isomorfismo estricto es inadecuada, entre otras razones, porque la estructura teórica rara vez tiene la misma cardinalidad que el modelo de datos –característica fundamental cuando se intenta establecer un isomorfismo llano–. Por

²⁷ Bueno, Otávio; French, Steven; Ladyman, James. “On Representing the Relationship between Mathematical and the Empirical” en: *Philosophy of Science*, 69, Septiembre 2002. pp. 497-518.

su parte, el *homomorfismo parcial* iría más allá para poder acomodar esa posible estructura extra del mundo que tanto le preocupa a Psillos, además para dar espacio a un importante componente pragmático que permite tratar aspectos acerca de heurísticas, idealización y cambio científico, por mencionar algunos.

El punto clave de la propuesta de introducción de estructuras parciales, como ya ha de suponerse, radica en la noción de *parcialidad*. Una estructura parcial es aquella en la cual no todas las relaciones están definidas para todo el dominio: cada relación parcial puede entenderse como una tripleta ordenada $R = \langle R_1, R_2, R_3 \rangle$, donde R_1 corresponde al conjunto de n-tuplas del dominio que pertenecen a R , R_2 corresponde a las que no pertenecen y R_3 a las que no se sabe si pertenecen o no; ese grado de “incertidumbre” o “incompletud” sería el que le daría cabida a la posible estructura extra del mundo que no logra ser del todo captada por la teoría y que brinda una flexibilidad pragmática al quehacer científico en la búsqueda del conocimiento de la realidad última. Hablando de la relación de homomorfismo parcial, los defensores de la propuesta dicen:

Lo que es importante para los propósitos presentes es que con el tercer componente en la familia de relaciones parciales –a saber R_3 – abierto, hay “espacio” estructural para la introducción de parámetros extra en caso de que sea necesaria más estructura. [...] La fertilidad heurística de la aplicación de las matemáticas descansa en lo “extra” en el sentido de que más estructura puede ser importada de la familia si se requiere; es este aspecto crucial el que es capturado por la apertura de las estructuras parciales.²⁸

Acerca de la segunda tesis

Ahora bien, dejando de lado el problema de la representación, la segunda tesis del realismo estructural tampoco es inmune a las críticas. Dicha tesis afirma que una estructura es compatible con diferentes ontologías. Como ya se ha mencionado, el hecho en el que se basó Worrall para definir esta tesis fue la observación (previamente señalada por Poincaré) de que las ecuaciones ópticas de Fresnel se conservan en la teoría de Maxwell, a pesar de que ambos consideraban una ontología diferente de la luz, a saber, el primero la

²⁸ *Ibíd.* pp. 505-506.

consideraba como vibraciones a través de un medio elástico y el segundo como ondas cambiando en un campo electromagnético incorpóreo. La idea subyacente a esta tesis es que es posible disociar la estructura de la ontología, de manera que por un lado se tiene la estructura matemática y por el otro los entes con los que se llena, que estarían dados por la interpretación física que se haga de la estructura.

Antes de entrar a ver la crítica es importante hacer notar que, aunque para Psillos la tesis en cuestión sería aceptada tanto por el realista estructural epistémico como por el óntico, en realidad no parece que ése sea el caso si nos referimos a la variante más típica del realismo estructural óntico, a saber, el eliminativismo. La razón de ser de esta afirmación tiene que ver con que la tesis supuestamente general identificada por Psillos asume que para el realista estructural existe una dualidad entre estructura y objetos y, como ya se vio, para el eliminativista simplemente no existen los objetos como algo aislado de la estructura, por lo que una tesis dualista de este tipo no tiene el más mínimo sentido dentro de su propuesta. Es más, con respecto a este punto quizá pueda decirse que, de hecho, el realista estructural óntico está de acuerdo con Psillos²⁹ en cuanto a considerar la estructura y los objetos como un continuo, como algo inseparable, aunque con la diferencia de que este último sigue adjudicando cierta prioridad ontológica a los objetos sobre la estructura, mientras el primero los ha eliminado para considerarlos “sencillamente” una característica de la estructura que es ontológicamente básica.

Ahora bien, habiendo desvinculado a la variante óptica de esta tesis, procedamos al análisis de la crítica que se hace en este sentido referida a la variante epistémica. La cuestión que se critica en este punto es que no es posible comprometerse con la existencia real de una estructura sin comprometerse, al mismo tiempo, con el hecho de que hay ciertos entes que se encuentran en las relaciones descritas por la estructura. A muchos les parece evidente que el realista estructural se encuentra en aprietos si quiere sostener la idea de que hay una estructura matemática que captura una estructura real sin aceptar que hay *determinados entes* que se encuentran bajo dicha estructura. Parece que esta crítica puede interpretarse de dos maneras, dependiendo de cómo se entienda la expresión “determinados entes”. Por un lado, podría entenderse que cuando se habla de comprometerse con ciertos entes se está hablando de unos entes con una naturaleza determinada que no podría ser otra

²⁹ En la siguiente página se presenta la posición de Psillos que aquí se menciona.

dada una estructura, esta es la idea que quiere defender Psillos cuando afirma que naturaleza y estructura forman un continuo. Por otra parte, podría entenderse el compromiso con ciertos entes, simplemente, como el compromiso de que no puede hablarse de estructura de la realidad sin aceptar que hay entes que la realizan, es decir, entes de una u otra naturaleza, este sería el problema de las relaciones sin *relata*.

Si resulta que la crítica tiene que ver con la segunda interpretación anteriormente mencionada, no parece claro que el realista estructural epistémico sea susceptible de la misma, pues decir que una estructura matemática, que es lo que se tiene en una teoría, puede ser compatible con diferentes ontologías no es decir que pueda *existir realmente* dicha estructura de manera independiente de los entes que la realizan, al fin y al cabo, la versión epistémica del realismo estructural acepta la existencia de entes inobservables que se encuentran bajo ciertas estructuras que la ciencia nos descubre, aunque los considera incognoscibles.

Por otra parte, si la crítica tiene que ver con la primera interpretación, lo que querría decir es que “no se puede ser realista con respecto a las estructuras y, simultáneamente, antirrealista con respecto a las entidades que contienen”³⁰ según determinada teoría. En este caso, a mi parecer, tampoco funciona la crítica, pues es posible considerar que cierta estructura teórica representa la estructura real del mundo, que sería el compromiso del realista estructural, y, al mismo tiempo, no comprometerse con la naturaleza que la teoría le adjudica a los entes que se encuentran en tales relaciones. En otras palabras, aunque se acepte que de hecho existen unos entes que se encuentran estructurados de determinada forma, eso no obliga a comprometerse con un conjunto de propiedades específicas para dichos entes siguiendo a una teoría concreta que, dado el inminente cambio teórico, bien sabemos que puede estar equivocada. Un ejemplo sencillo para explicar lo anterior podría ser que es posible aceptar que en la base de cierto fenómeno se encuentra la relación ‘*X ama a Y*’, admitiendo que existen dos objetos X y Y que se encuentran en dicha relación, pero sin comprometerse con las propiedades específicas de que X es un hombre calvo y Y una mujer que tiene los ojos verdes.

La forma en la que intenta defender Psillos esta crítica, como ya mencionaba, es mostrando que no hay una forma de distinguir entre la naturaleza y la estructura de un ente.

³⁰ Madrid. Op. Cit. p. 59.

Según su visión, la naturaleza de un ente estaría determinada por las estructuras de las que participa, por las leyes que obedece; por lo tanto, si uno está comprometido con la idea de que las ecuaciones matemáticas de una teoría están representando la estructura de la realidad, entonces, dado que la teoría no plantea esas estructuras en el vacío, sino que supone unos entes teóricos que se estructuran de dicha manera, y partiendo del supuesto de que la estructura entraña una naturaleza determinada, esto es “naturaleza y estructura forman un continuo”³¹, se sigue que uno tendría que ser realista también con respecto a la naturaleza de los entes.

Como ya había dado a entender, no sé hasta qué punto Psillos no se está poniendo del lado del realista estructural óptico al afirmar que la única forma de conocer la naturaleza de los entes es conocer su estructura. Lo que me estoy preguntando es si dado que el realista estructural óptico afirma que lo único que hay para conocer es la estructura de la realidad y, por su parte, Psillos asegura que la naturaleza de los entes se infiere exclusivamente del conocimiento de dicha estructura, no puede entenderse a Psillos como diciendo, también, que lo único que hay para conocer es la estructura. Si así fuera, la crítica que intenta construir Psillos se cae, al menos para la línea óptica del realismo estructural.

Otro contraargumento en esta misma dirección es el que propone Carlos Madrid al decir que “la estructura matemática no puede separarse de la ontología física, porque no existe algo así como una neutralidad ontológica de las matemáticas.”³² Para apoyar esto, el autor presenta un ejemplo de la mecánica cuántica, a saber, la disputa entre la mecánica matricial de Heisenberg contra la mecánica ondulatoria de Schrödinger. Resulta ser que ambas teorías utilizaban un aparato matemático diferente para salvar exactamente los mismos fenómenos y hacer las mismas predicciones, pero la naturaleza y estructura que podían adjudicarle al átomo a partir de sus ecuaciones era diametralmente opuesta: la primera infería un átomo corpuscular, discontinuo; mientras la segunda un átomo ondulatorio, continuo. Con el tiempo llegó a determinarse que ambas estructuras eran, de hecho, matemáticamente equivalentes, pero, según la crítica de Madrid, no podría decirse que fueran isomorfas, pues, al menos en un sentido ontológico, tenían distinta cardinalidad (la primera es finita y, la segunda, infinita), por lo que era claro que adherirse a una de ellas

³¹ Psillos. Op. Cit. *Is Structural Realism the Best of Both Worlds?* p. 32.

³² Madrid. Op. Cit. p 60.

implicaba, necesariamente, adherirse a la interpretación de la realidad que proponía. Así pues, parece ser que el aparato matemático con el que se construye una estructura teórica determina la interpretación física que se puede hacer de la estructura del mundo y de sus entes, de manera que si el realista estructural no logra contradecir esta idea, debería buscar, entonces, una explicación al hecho de que de dos estructuras matemáticas equivalentes, que, se supone, están representando adecuadamente la realidad, se infieran estructuras distintas del mundo y tal vez se vería también en la obligación de plantear un criterio para decidir entre ellas.

Acerca de la tercera tesis

Con respecto a la tercera tesis, lo que el realista estructural defiende es, como ya se ha dicho, que en el cambio teórico se conservan, de alguna forma, las estructuras matemáticas contenidas en las teorías anteriores. Una forma puede ser que las ecuaciones se conserven intactas de una teoría a otra, como sucede en el paso de la teoría de la luz de Fresnel a la de Maxwell, y otra forma puede ser que se conserven como casos límite, como se supone que sucede en el muy citado ejemplo del cambio de teoría de la mecánica de Newton a la teoría de la relatividad de Einstein. Son muchos los ejemplos históricos en los que el realismo estructural se apoya para sostener esta tesis, pero, como sus opositores señalan, también hay más de uno que la desvirtúa: la mecánica cuántica es un nido de ejemplos en este sentido, por ejemplo, los espacios de Hilbert generan múltiples campos no isomorfos, que plantean estructuras obviamente incompatibles para dar cuenta de los mismos fenómenos, frente a lo que el realista estructural se queda sin saber qué decir. Como si eso no fuera suficiente, según sus críticos, muchos de los casos importantes que se suelen citar como apoyo a la idea de preservación de la estructura como casos límite no son tales, sino que son interpretaciones forzadas de las nuevas ecuaciones para hacerlas coincidir con las anteriores. Por ejemplo, tómesese la ecuación del momento de una partícula en la mecánica relativista de Einstein:

$$P = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Si se toma como caso límite $c \rightarrow \infty$, se obtiene:

$$P = mv$$

Que es la ecuación del momento de una partícula en la mecánica newtoniana. La cuestión es que dado como se plantea el supuesto caso límite, no es en realidad un caso límite, pues no hay forma de que la velocidad de la luz sea infinita, pues, tal y como está definida en este momento, es un valor determinado y finito, por lo que, siendo estrictos, no puede considerarse tal aproximación como un caso límite, ni siquiera si se interpreta como diciendo que es que para los casos en los que la velocidad de la partícula es muy pequeña, por lo que la relación entre su cuadrado y el cuadrado de la velocidad de la luz es tan pequeño que puede considerarse nulo, el quid del asunto es que por más pequeño que sea, de hecho, no es nulo.

Así pues, no está claro tampoco que la base principal sobre la que se ha construido el realismo estructural, a saber, los casos de supuesta conservación de estructura matemática en el cambio de teorías, sea una visión adecuada de lo que está sucediendo.

Teniendo como base todo lo anterior, a continuación me decanto por un análisis más específico de la corriente del realismo estructural óptico, pasando primero por una comparación con el empirismo constructivo de van Fraassen, para seguido hacer un análisis más profundo de la propuesta mencionada, concentrándome en uno de los problemas más difíciles a los que se enfrenta.

CAPÍTULO II

ESTRUCTURALISMO CIENTÍFICO: EMPIRISMO VS. REALISMO

Cuando se habla acerca del conocimiento científico, existe cierta propensión a considerarlo como superior a otras formas de conocimiento. La ciencia ha sabido ganarse dicho estatus gracias a un largo historial de éxitos. Los científicos observan el mundo para encontrar patrones, descubrir relaciones y, a partir de ello, plantear teorías por medio de las cuales sea posible realizar predicciones acerca de fenómenos aún no observados. Si una teoría consigue consistentemente hacer predicciones acertadas, se considera exitosa.

Ahora, ¿cuál es la razón de ser del éxito científico? Siendo las teorías científicas construcciones humanas abstractas que pretenden decir algo acerca del mundo a través de la postulación de entidades, procesos y estructuras que, se supone, están detrás de los fenómenos, ¿qué tipo de relación habrá entre teoría y mundo para que dicho objetivo sea susceptible de lograrse y así considerarse que hubo éxito? Como ya se ha visto, el llamado *realista científico* responde a estas cuestiones afirmando que la mejor explicación que puede darse para el éxito de la ciencia es que las teorías científicas están diciendo algo verdadero o aproximadamente verdadero acerca del mundo, pues de otra forma sería un milagro que por medio de ellas se consiguiera hacer predicciones tan precisas como las que de hecho hacemos.

Según se vio en el capítulo anterior, para van Fraassen, la posición realista con respecto a la ciencia puede resumirse en la formulación: “La ciencia aspira a proporcionarnos en sus teorías una historia literalmente verdadera de cómo es el mundo y la aceptación de una teoría científica involucra la creencia de que ésta es verdadera”³³. Así pues, el realista científico, al aceptar una teoría, se está comprometiendo con la existencia de ciertas entidades y procesos que no son directamente accesibles a la observación. Para el realista, el hecho de que la teoría sea predictivamente exitosa con respecto a lo observable

³³ Van Fraassen. Op. Cit. *The Scientific Image*. p. 8.

es una prueba de que las entidades teóricas que se postulan, y que juegan un papel indispensable en el planteamiento de tales predicciones, existen realmente en el mundo, independientemente de que nos sea imposible llegar a observarlas.

Una crítica inmediata que se le presenta al realista consiste en señalar que históricamente hemos tenido casos de teorías ampliamente exitosas que postulaban ciertas entidades que, con el tiempo, se llegó a determinar que no existían (tal sería el caso de la teoría del flogisto, por ejemplo). Dado esto, hay quienes piensan que la posición realista es inadecuada y que no es prudente ni necesario andar aceptando la existencia de este tipo de entidades para dar buena cuenta del éxito científico. Se alega que el realista ha partido del supuesto cuestionable de que sólo existen dos opciones para explicar el éxito científico: o el éxito científico es un milagro o el éxito científico se debe a que la ciencia habla con verdad. ¿Por qué tiene que ser el realismo la única o, si no la única, la mejor explicación para el éxito científico? ¿Acaso no hay una forma de explicar el éxito científico sin tener que hacer compromisos tan fuertes con respecto a *algo* que está más allá de los fenómenos?

El empirismo constructivo de van Fraassen

Van Fraassen es uno de los filósofos que con más vehemencia se ha opuesto a las propuestas de corte realista. Como se mencionó en el capítulo anterior, este autor critica el recurso que hace el defensor del realismo a la inferencia a la mejor explicación para concluir que las teorías científicas son verdaderas o aproximadamente verdaderas. En su obra de 1980, *La imagen científica*, van Fraassen considera que la inferencia a la mejor explicación es una hipótesis psicológica y opta por sugerir que una hipótesis rival podría ser que el éxito de la ciencia no nos lleva a creer que las teorías son verdaderas, sino que son empíricamente adecuadas; es decir, que cuando una teoría es consistentemente exitosa en sus predicciones, estamos dispuestos a asumir la creencia de que todos los fenómenos observables descritos por la teoría son como la teoría dice que son. La anterior es, para él, una hipótesis más adecuada a la psicología humana, pues, al fin y al cabo, es lo observable a lo único a lo que tenemos acceso y no hay necesidad de comprometernos con entes y estructuras que están más allá de lo observable.

Otro recurso que utiliza van Fraassen para criticar el realismo consiste en atacar el argumento del no-milagro señalando que la verdad de las teorías no es la única ni la mejor explicación indiscutible para el éxito científico. Suponiendo que fuera necesario dar una explicación para el éxito de la ciencia, el autor piensa que hay una mejor opción que la de aceptar que una teoría exitosa es aproximadamente verdadera (con todos los compromisos que eso acarrea). La alternativa que propone se basa en la idea de que la ciencia es un fenómeno biológico que le facilita al ser humano la interacción con su entorno y cuya explicación debe estar dada en términos que sean adecuados a dicha naturaleza. Con esto en mente, se compara el proceso de aceptación de las teorías científicas con el de la selección natural darwiniana, idea que evoca la analogía entre progreso científico y evolución natural planteada por Thomas Kuhn³⁴, quien también es conocido como un antirrealista consagrado. Según la explicación de van Fraassen, el éxito científico radica en que la aceptación de una teoría científica es el producto de un arduo proceso de selección en el que teorías rivales son puestas a prueba a través de la experimentación, para finalmente elegir aquella que salva mejor los fenómenos. Así pues, no es necesario afirmar que una teoría es verdadera o aproximadamente verdadera para que su éxito no sea un milagro, simplemente basta con observar y hacer una analogía con cómo se seleccionan las especies en el mundo natural: la especie que mejor se adapta a su entorno sobrevive, no porque dicha especie sea *necesaria* o porque sea la especie a la que *realmente* le corresponde determinado nicho, sino, simplemente, porque entre varias especies que surgieron en un momento determinado ésa fue la que tuvo una ventaja adaptativa sobre las demás, pero bien habría podido ocurrir una mutación diferente que le diera la ventaja a otra especie; así mismo ocurre con las teorías científicas, aquella que da mejor cuenta de la evidencia empírica, aquella que es más exitosa, es la que aceptamos, pero bien podría haber una teoría diferente que tuviera una ligera ventaja y resultara siendo la elegida. En palabras de van Fraassen:

[...] el éxito de las teorías científicas actuales no es un milagro. Ni siquiera es sorprendente para una mente científica (darwinista). Pues cualquier teoría científica nace a una vida de

³⁴ Kuhn, Thomas S. “Consideraciones en torno a mis críticos” en: *El camino desde la estructura*. Barcelona: Paidós, 2002. pp. 192-193.

competencia feroz, en una selva de colmillos y garras enrojecidos. Sólo las teorías exitosas sobreviven –aquellas que *de hecho* se adhieren a las regularidades reales de la naturaleza.³⁵

Siguiendo con las críticas al realismo, una de las razones más importantes para desconfiar de él y optar por no comprometernos con entidades, estructuras y procesos inobservables, es la famosa *subdeterminación de las teorías científicas por la experiencia*. En términos generales, la tesis de la subdeterminación de teorías parte de la idea de que es posible que dos o más teorías diferentes e incompatibles resulten ser *empíricamente equivalentes*, esto es, que todas sus implicaciones observables sean exactamente las mismas, ni más ni menos; en tal caso, la experiencia no constituiría una herramienta para decidir cuál de las teorías es la “correcta” y, por lo tanto, el realista se vería en serios aprietos al enfrentarse a dos o más aparatos teóricos mutuamente excluyentes acerca de los cuales, según su propio argumento, estaría obligado a predicar verdad, cayendo en la incoherencia.

Una de las respuestas que dan algunos realistas para contrarrestar el anterior problema consiste en señalar que, a pesar de que parece existir la posibilidad lógica de que dos o más teorías resulten ser empíricamente equivalentes, lo cierto es que no se ha identificado un caso histórico en el que dicha situación se haya dado de manera estricta y esto podría ser un indicio de que quizá las estructuras con las que se puede describir el mundo son únicas. Por otra parte, también se ha argumentado que aunque la subdeterminación de teorías por la experiencia fuera un hecho ineludible, dicha situación no nos dejaría necesariamente maniatados con respecto a la elección entre dos o más teorías, pues siempre podría apelarse a aspectos pragmáticos para tomar tan importante decisión. De cualquier forma, esta última solución no parece resultar de gran ayuda para el realista científico, pues al recurrir a criterios pragmáticos para elegir una teoría que ha de tomarse como verdadera queda la sensación de que falta la objetividad necesaria para poder galardonar con tan ostentoso título a dicha teoría.

Van Fraassen, por su parte, en su búsqueda de una concepción adecuada de la ciencia, considera un ejemplo concreto para ilustrar la posibilidad de que incluso nuestras mejores

³⁵ Van Fraassen. Op. Cit. The Scientific Image. p. 40.

teorías pueden tener equivalentes empíricos y concluir que, dada esa posibilidad, debemos restringir nuestras ambiciones epistémicas con respecto a la empresa científica:

Considere la cosmología de Newton con sus leyes del movimiento y atracción gravitacional. Como Newton mismo se dio cuenta, van Fraassen apunta que, exactamente las mismas predicciones son hechas por la teoría tanto si asumimos que el universo entero está en reposo como si asumimos que se está moviendo con una velocidad constante en una dirección dada [...]. Entonces, van Fraassen argumenta, nos enfrentamos aquí con teorías científicas empíricamente equivalentes: [...] Todas estas teorías hacen exactamente las mismas predicciones empíricas, entonces ninguna evidencia nos permitirá nunca decidir entre ellas con base en lo empírico.³⁶

Dadas las preocupaciones ya mencionadas, van Fraassen ha planteado una opción empirista con la que pretende sentar una concepción general de la ciencia y, en cierto sentido, del quehacer científico. El autor se encuentra preocupado no sólo por la relación que existe entre las teorías y el mundo, sino que considera que el ser humano, como creador y usuario de las teorías científicas, mantiene una relación importante con las mismas. No es que las teorías sean simplemente descubiertas por el científico, sino que el papel que éste juega en el nacimiento de una teoría es mucho más activo de lo que generalmente se había pensado. Los posibles resultados de una investigación están fuertemente influenciados por el punto de vista del investigador: es él, por ejemplo, quien tiene que decidir qué aspectos del fenómeno son o no relevantes a la hora de intentar hacer una representación de esa parcela del mundo a través de una teoría científica, por lo que al final la ciencia no nos está hablando de todo lo que hay, sino sólo de lo que nos interesa.

La propuesta que plantea van Fraassen como alternativa al realismo científico fue bautizada por él mismo con el nombre de *empirismo constructivo*, buscando que quedara clara la importancia que para él tienen tanto la experiencia empírica, experimental, como el papel jugado por el científico en el desarrollo de la ciencia. A manera de paralelo con la formulación de la tesis realista identificada por el autor y que vimos más arriba, van

³⁶ Stanford, Kyle, "Underdetermination of Scientific Theory", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2009 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/win2009/entries/scientific-underdetermination/>>.

Fraassen formula su propuesta de la siguiente manera: “El objetivo de la ciencia es proporcionarnos teorías que son empíricamente adecuadas. Aceptar una teoría científica involucra como creencia sólo que ésta es empíricamente adecuada”³⁷.

Como ya hemos visto, básicamente lo que quiere defender van Fraassen es que la verdad no es el único ni el mejor criterio para determinar el éxito científico. Esto queda claro cuando se afirma que el objetivo de la ciencia no es llegar a teorías verdaderas, sino encontrar teorías empíricamente adecuadas, de manera que es posible tener razones para aceptar una teoría sin tener razones para aceptarla como verdadera. Lo que se busca con el empirismo constructivo es, entonces, trasladar la pregunta acerca de la verdad; así, dicha pregunta ya no se le plantea a la teoría en su totalidad, como proponen los realistas, sino sólo a lo que ella dice acerca de los fenómenos observables, con lo cual una teoría se considerará que es empíricamente adecuada, si lo que dice acerca de lo observable resulta ser cierto, esto es, si logra salvar los fenómenos.

Lo anterior no va en contra de un entendimiento literal de las teorías científicas, al contrario, van Fraassen critica la forma metafórica en la que el positivismo lógico y el instrumentalismo quisieron interpretar las teorías científicas. Si se entiende a las teorías como metáforas, es posible afirmar que dos teorías pueden llegar a contradecirse en sus enunciados particulares y, aun así, decir lo mismo, ser equivalentes, si sus consecuencias observacionales son las mismas. Van Fraassen rechaza tajantemente esta posición, para él dos teorías no pueden considerarse como iguales, aunque sean empíricamente equivalentes, si para explicar los fenómenos observables cada una propone procesos y entidades teóricas diferentes, “[s]i una dice que hay campos, mientras que la otra dice que hay partículas cargadas que ejercen una acción a distancia, por indistinguibles que sean sus predicciones observacionales, se trata de teorías muy diferentes”³⁸. Nótese que hacer una interpretación literal de lo que dicen las teorías científicas no implica necesariamente un realismo: una cosa es entender literalmente lo que una teoría dice y otra muy distinta aceptar que lo que ella dice es verdadero. Así pues, el empirismo constructivo está a favor de interpretar las teorías científicas literalmente, pero en contra de comprometerse con su verdad al momento de aceptarlas.

³⁷ Van Fraassen. Op. Cit. The Scientific Image. p. 12.

³⁸ Diéguez Lucena. Op. Cit. p. 159.

Una característica importante a tener en cuenta en la propuesta de van Fraassen es que, como se mencionó en el capítulo anterior, ésta está enmarcada dentro de una concepción *estructuralista* o semántica de las teorías científicas. A diferencia de la concepción sintáctica de las teorías que manejaban los positivistas lógicos, en la que se consideraba que una teoría científica era una entidad lingüística que consistía en un conjunto de enunciados susceptibles de interpretación empírica, la concepción semántica concibe a las teorías como definiendo una estructura formal de carácter matemático por medio de la cual se caracterizan los modelos de la teoría, es decir, los sistemas concretos que encajan dentro de la estructura propuesta. Tal y como van Fraassen lo entiende, “[p]resentar una teoría es especificar una familia de estructuras, sus *modelos*, y, en segundo lugar, especificar ciertas partes de esos modelos (las *subestructuras empíricas*) como candidatos para la representación directa de los fenómenos observables”³⁹. En este sentido, lo que se le exige a una teoría para llegar a ser aceptada, esto es, para que se considere que hay adecuación empírica, es que haya un isomorfismo entre las apariencias, lo observado, y las mencionadas subestructuras empíricas⁴⁰.

Como se ha hecho evidente, para el empirismo constructivo la noción de *observabilidad* es fundamental, pues se entiende que sólo a partir de una definición clara de la misma será posible identificar las subestructuras empíricas de una teoría. Este punto constituye una de las principales debilidades de la propuesta de van Fraassen, tal y como la planteó en 1980, pues el autor no llega a dar una definición clara de la noción en cuestión y más bien presenta lo que él llama una “guía para evitar errores”. La idea es que lo observable es aquello que puede ser experimentado a través de los sentidos de un ser humano sin la mediación de ningún artilugio, de manera que la imagen de la célula que logramos ver a través de un microscopio no contaría como observación de la célula, porque no habría forma alguna en la que pudiéramos llegar a observarla sin tener que ayudarnos de algún artefacto, por lo que la célula sería un ente inobservable. Por su parte, un dinosaurio o las lunas de Júpiter serían entes observables, pues si fuera posible ubicarnos a una distancia prudente de cada uno de ellos, perfectamente podríamos observarlos sin la ayuda de artefacto alguno. Naturalmente, esta idea no es fácil de aceptar, veremos por qué.

³⁹ Van Fraassen. Op. Cit. *The Scientific Image*. p. 64.

⁴⁰ Sobre el problema de la representación científica como isomorfismo se habló con más detalle en el primer capítulo del presente trabajo.

Pensemos, por ejemplo, en los textos diminutos que vienen en algunos billetes, a simple vista podemos notar que lo que hay allí son letras, no pondríamos en duda que hay unas letras que están allí; las características físicas de nuestros ojos no nos permiten llegar a descifrarlas, pero si tomamos una lupa es posible llegar a leer el texto con claridad. Por otra parte, cuando vemos una gota de agua salida de un grifo de la Ciudad de México, a simple vista no podemos notar que hay microorganismos viviendo en ella, pero si tomamos un microscopio podemos llegar a verlos con claridad. ¿Qué diferencia hay entre la naturaleza de los objetos que vemos a través de la lente simple de una lupa y de los que logramos ver a través de un sistema de lentes organizados como en un microscopio? Éste es un ejemplo sencillo del tipo de cuestionamientos que se le plantean al empirismo constructivo con respecto a la noción de observabilidad; en general, lo que se busca mostrar es que no hay una frontera clara entre lo que es observable y lo que no. Van Fraassen acepta que no es posible determinar esa frontera de forma definitiva, pero asegura que no por ello no es posible hacer una distinción entre lo que definitivamente es observable y lo que definitivamente no lo es. Finalmente deja en manos de cada comunidad científica la decisión de dónde poner esa frontera, teniendo en cuenta que son los científicos mismos los que en el desarrollo de las teorías determinan cuáles son los factores de interés. Aunque esta solución no está libre de críticas, logra mantener al empirismo constructivo a flote.

Ahora bien, está claro que una de las preocupaciones principales de van Fraassen con respecto al realismo científico es la de terminar comprometiéndose con la existencia de una cantidad de entes para los que no tenemos evidencia empírica y que no podríamos evitar si entendiéramos que aceptar una teoría es creer que dicha teoría es verdadera. La idea no es negar tajantemente que las entidades teóricas inobservables existan, sino adherirse a una posición *agnóstica* con respecto a ellas, que más o menos podría enunciarse como sigue: No tenemos evidencia observacional de que ciertas entidades teóricas que cumplen un papel fundamental dentro de nuestras teorías científicas exitosas existan. La historia de la ciencia nos ha mostrado que una teoría exitosa con respecto a sus predicciones observacionales puede estar equivocada con respecto a los entes inobservables que propone que hay en el mundo. Siendo así las cosas, lo más prudente es suspender el juicio con respecto a los entes teóricos inobservables de nuestras teorías científicas exitosas y aceptarlas únicamente como una posible descripción del mundo que salva de manera

adecuada los fenómenos, evitando, de esta manera, comprometernos con algo más que aquello a lo que efectivamente tenemos acceso empírico.

Van Fraassen vs. El realismo estructural

El argumento histórico en contra del realismo científico del que hemos venido hablando ha sido uno de los principales dolores de cabeza para los filósofos realistas, pero, de cualquier manera, no se considera que haya logrado desvirtuar esta concepción de forma definitiva. Como ya se ha mencionado, no pocas han sido las propuestas realistas que se han erigido con el objetivo de evitar la metainducción pesimista de Laudan, siendo una de ellas la que se conoce actualmente como *realismo estructural*.

El realismo estructural⁴¹ nace, como ya vimos, con el firme objetivo de reconciliar, por un lado, la evidencia histórica que nos manifiesta el hecho de que hay cambio científico revolucionario, y, por el otro, el argumento realista de que la mejor explicación que existe para el éxito científico es que las teorías están diciendo algo verdadero con respecto a la realidad que hay más allá de los fenómenos. En términos muy generales, la propuesta del realismo estructural plantea que cuando ocurre un cambio revolucionario de teorías, como aquellos en los que se desecha una entidad teórica que anteriormente había jugado un papel relevante dentro de una teoría exitosa, hay algo que se conserva de la teoría anterior en la nueva teoría, a saber, cierto conocimiento acerca de la estructura de la realidad que ha logrado capturarse a través de la estructura matemática de la teoría. En otras palabras, el éxito de las ciencias maduras tiene su razón de ser en el hecho de que la estructura de las teorías corresponde a la estructura de la realidad; cuando ocurren cambios científicos revolucionarios cambia el contenido teórico, pero se conserva parte importante de la estructura de la teoría, que era, precisamente, lo que nos estaba permitiendo realizar predicciones exitosas. El avance de la ciencia consiste, entonces, en ir ampliando ese núcleo estructural que representa correctamente la estructura del mundo, con lo que, después de todo, el conocimiento resulta siendo acumulativo. En palabras de van Fraassen, la idea básica del realismo estructural puede resumirse en el siguiente párrafo:

⁴¹ Para una presentación más profunda de la propuesta del realismo estructural, referirse al capítulo anterior del presente trabajo.

Aquello en lo que la ciencia tiene éxito principalmente *no* es en la identificación de cosas reales en la naturaleza que constituyen el marco de los fenómenos manifiestos. En lugar de eso, la ciencia tiene éxito en descubrir la estructura de lo que sea que hay en la naturaleza que sostiene esas apariencias. Ese *je ne sais quoi* subyacente a los fenómenos se hace parcialmente manifiesto en estructura, mientras permanece para siempre desconocido en contenido o cualidad.⁴²

El problema inmediato que encuentra van Fraassen en esta idea es que la distinción entre estructura y contenido no parece ser identificable con anterioridad al cambio teórico, es decir, no podemos saber de antemano qué es aquello que habrá de conservarse cuando ocurra el cambio, por lo tanto, el realista no puede dar cuenta de qué es aquello que es “real” en la teoría. Siendo así, surge la incógnita de si esta posición cumple con las aspiraciones del realista o si no lo obliga a hacer una afirmación ridícula como “dado el éxito de esta teoría, yo sé que ella está diciendo algo verdadero acerca de la estructura de la realidad, pero, mientras no haya un cambio de teoría, no puedo decir qué es”.

Aunque la anterior es una crítica importante al realismo estructural en general, los esfuerzos de van Fraassen van a concentrarse en intentar desvirtuar al realismo estructural óptico, la alternativa realista que más fuerza parece tener actualmente. Ya hemos visto que la razón para sugerir un realismo estructural alternativo surge, según Ladyman, de cierta confusión existente con respecto a la idea que motiva el realismo estructural. Por un lado existe una posición epistemológica, en la cual el realismo estructural sería prácticamente un realismo científico clásico, con la especificación de que lo único que podemos llegar a conocer es la estructura de la naturaleza y no la naturaleza de los entes que la realizan. Por otra parte existe una posición ontológica, según la cual la estructura de la naturaleza descrita por las teorías científicas es realmente todo lo que hay por conocer de la naturaleza; *todo lo que hay es estructura*. Lo anterior requiere tener claras dos dicotomías, una epistémica y otra óptica. La dicotomía epistémica consiste en diferenciar entre aquello a lo que podemos llegar a tener acceso epistémico y aquello a lo que no. Por su parte, la

⁴² Van Fraassen, B.C. “Structure: Its Shadow and Substance” en: *Brit. J. Phil. Sci.* 57, 2006. pp. 275–307. p. 289.

dicotomía óptica consiste en diferenciar entre aquello que es estructura de la naturaleza y aquellas características que no son estructura (materia o contenido).⁴³

La idea del realismo estructural óptico a la Ladyman tiene sus raíces en un problema concerniente a la mecánica cuántica, el problema de las partículas idénticas⁴⁴. El problema consiste en que el estado cuántico de un sistema que contiene partículas idénticas entrelazadas⁴⁵ es invariable a la permutación de las mismas. Esto quiere decir que no es posible individualizar las partículas para dar cuenta de la naturaleza de cada una de ellas; es como si las dos partículas fueran la misma partícula, lo que pone en jaque a la noción clásica de objeto. Esta característica de la invariabilidad, piensa Ladyman, constituye una pista importante para determinar qué es estructura y qué no. La idea sería que sólo aquellas características que son invariantes a la permutación pertenecen a la estructura, todo lo demás sería contenido y así quedaría establecida la dicotomía óptica. Como se vio brevemente en el capítulo anterior y como se verá a detalle en el siguiente, la forma que encuentra el realista estructural óptico para solucionar los problemas a los que nos enfrenta la física moderna, partiendo del fenómeno señalado, es negar la existencia de los objetos para darle prioridad ontológica a la estructura. Sin objetos la individualidad de las partículas elementales deja de ser un problema porque, simplemente, las partículas dejan de existir tal y como clásicamente las hemos concebido y lo único de lo que va a dar cuenta la ciencia, con respecto a lo cual podremos declararnos realistas, es de la estructura del mundo representada en las estructuras matemáticas de las teorías exitosas.

Van Fraassen encuentra dos problemas en esta forma de caracterizar la dicotomía óptica. Por un lado, dado que al parecer la idea es predicar objetividad de aquello que es invariante, la cuestión problemática es que no existe un antónimo único para la objetividad. Si llegamos a toparnos con una característica que no es invariante podemos concluir que no es objetiva, pero no por ello podemos asegurar que es subjetiva o irreal o relativa, todos ellos posibles antónimos de “objetivo”, pues hay muchas maneras posibles para que algo no resulte ser objetivo en el sentido planteado.⁴⁶ Puede suponerse que el punto que le preocupa

⁴³ *Ibíd.* p. 290.

⁴⁴ Sobre las motivaciones y propuestas del realismo estructural óptico se hablará con mayor profundidad en el tercer capítulo del presente trabajo. Basta, por el momento, con tener una idea general de la propuesta para presentar las razones por las que un filósofo también estructuralista, como van Fraassen, se opone a la misma.

⁴⁵ Con respecto al entrelazamiento cuántico, ver nota 18.

⁴⁶ Van Fraassen. *Op. Cit.* “Structure: Its Shadow and Substance”. p. 292.

aquí a van Fraassen es que si el realista estructural óptico defiende la idea de que todo lo que hay es estructura, pero con su noción de objetividad no puede decir en qué sentido lo que no es objetivo no es estructura, entonces no queda bien delimitada la dicotomía que supondría la base de tal propuesta.

El segundo problema que encuentra van Fraassen con respecto a esta cuestión consiste en que cuando buscamos la variabilidad o invariabilidad de características dentro de un sistema determinado, nos estamos fijando en ciertos aspectos que se consideran relevantes para el problema. Recordemos que el autor está fuertemente comprometido con el papel del científico en la construcción de la ciencia, con el hecho de que los criterios que se usan en la elaboración de una teoría no son universales o dictados por fuerzas superiores que dirigen el correcto desarrollo de la ciencia hacia el conocimiento, sino por consideraciones que realiza un científico particular con respecto a un problema determinado. Así pues, el asunto es que la relevancia es contextual, un aspecto puede ser relevante para un problema, pero irrelevante para otro, siendo esto así, no hay forma de determinar de manera definitiva si una característica es parte de lo que llamamos *estructura* basándonos en el criterio propuesto por Ladyman para aclarar la dicotomía óptica, pues dependiendo del contexto tanto la pregunta como la respuesta acerca de su variabilidad pueden cambiar.

Si lo anterior no es suficiente para convencernos de que el realismo estructural óptico ha de enfrentarse a serios problemas si quiere mantenerse firme en su posición, van Fraassen presenta todavía una crítica más general al mismo. Como ya se ha mencionado, uno de los señalamientos que más se repite en contra del realismo estructural óptico tiene que ver con la eliminación que hace de los objetos en favor de las estructuras como ontología básica del mundo. Van Fraassen no es ajeno a esta crítica y señala explícitamente, como muchos, que:

El aspecto más desconcertante del realismo estructural óptico es la insistencia en que podemos, y debemos, concebir el mundo como no consistente en objetos, incluso en el

sentido muy amplio de soportes de la estructura que son ellos mismos algo diferente a la estructura.⁴⁷

Tal y como se ha definido, la posición del realista estructural óptico “debe implicar que *lo que ha parecido como la estructura* de algo con características cualitativas desconocidas *es realmente todo lo que hay para la naturaleza*”⁴⁸, van Fraassen señala que con esta aseveración se está eliminando el contraste entre lo que es estructura y lo que no. Así, el realismo estructural óptico resulta siendo el mismo realismo científico clásico, pues al asegurar que la ciencia nos presenta estructuras abstractas que corresponden a la estructura de la realidad y teniendo en cuenta que todo lo que hay es estructura, entonces, tal y como afirma el realismo científico típico, la ciencia nos presenta una imagen correcta de la realidad. Siendo así, no tendría ya sentido referirse al realismo estructural óptico como una posición estructuralista, pues si no hay nada en la naturaleza que no sea estructura, es superfluo mantener dicho concepto y la misión, más bien, consistiría en construir una concepción totalmente nueva de la naturaleza.

Refiriéndose a esta crítica, Ladyman señala que la esencia de la misma tiene que ver con la idea de que la diferencia entre estructura matemática-abstracta-no instanciada y estructura física-concreta-instanciada no puede ser explicada en términos estructurales⁴⁹. El realista estructural óptico está comprometido con que el mundo tiene una estructura física que es concreta, es esto lo que le permite decir que todo lo que hay es estructura sin caer en la repulsiva afirmación de que el mundo es abstracto, pero ¿cómo ha de justificar esta diferencia desde el estructuralismo mismo, esto es, sin hacer referencia alguna a términos no-estructurales? Como veremos a detalle en el siguiente capítulo del presente trabajo, explicar lo que quieren decir con *estructura física* en contraste con *estructura matemática* es uno de los principales problemas de los defensores del realismo estructural óptico. Por ahora veamos la respuesta directa que se hace a esta crítica específica de van Fraassen.

El realismo estructural óptico parte de una concepción del mundo en la que se entiende que hay “ciertas cosas”, los objetos, que están estructuradas y que tienen

⁴⁷ Van Fraassen, Bas C. “Structuralism(s) About Science: Some Common Problems” en: *The Aristotelian Society, Proceedings of the Aristotelian Society Supplementary Volume LXXXI*, 2007. p. 55.

⁴⁸ Van Fraassen. Op. Cit. Structure... p. 292.

⁴⁹ Ladyman, James. “On the Identity and Diversity of Objects in a Structure” en: *The Aristotelian Society, Proceedings of the Aristotelian Society Supplementary Volume LXXXI*, 2007. p. 39.

propiedades desconocidas, ante la imposibilidad de acceder a estas últimas se realiza un movimiento de remoción de las mismas de manera que obtenemos una concepción del mundo en la que sólo existe la estructura. La objeción de van Fraassen a la que nos enfrentamos en este momento, como ya se vio, apunta a que si todo lo que hay es estructura nos quedamos sin un punto de comparación que haga necesaria la especificación de que el mundo es estructura, de la misma forma en la que si todo en el mundo fuera de color verde sería trivial especificar que determinada cosa es verde, por lo que el realismo estructural óntico resulta siendo el mismo realismo científico típico. La respuesta de French⁵⁰ consiste en señalar que de remover los objetos no se sigue, como parece asumir van Fraassen, una remoción de la diferencia entre lo que se entiende por estructura y no-estructura, pues el primero es un movimiento ontológico, mientras el segundo es un movimiento conceptual. Así pues, si se tiene en cuenta la diferencia que hay en el sentido de “remover” en los dos movimientos mencionados, se puede, perfectamente, seguir hablando de la diferencia entre el realismo estructural óntico y el realismo científico clásico en el meta-nivel, aunque ontológicamente se esté adoptando una posición monista que haga un sinsentido de la contraposición entre estructura y no-estructura a nivel del mundo, lo que sí supone, como señala van Fraassen de una reconceptualización radical de la naturaleza del mundo.

Van Fraassen piensa que lo más probable es que no tengamos que llegar al extremo de necesitar una reconceptualización del mundo como la que sugiere el realista estructural óntico al eliminar los objetos para darle prioridad ontológica a la estructura, pues la idea misma de que lo único que hay es estructura resulta paradójica. Para mostrar su punto el autor intenta realizar una reconstrucción del realismo estructural óntico. Típicamente se ha entendido que una estructura se caracteriza a partir de la definición de un dominio de entidades y un conjunto de propiedades y relaciones, con los que se crea un espacio lógico abstracto. En algunos casos es posible que un punto del espacio lógico pueda ser instanciado por más de una entidad, lo que nos lleva a pensar que hay algunas propiedades escondidas, no contenidas en la caracterización de la estructura, que son las que nos permitirían diferenciar e individualizar tales entidades. Como sabemos, el realismo estructural óntico no deja lugar para algo que no sea estructura, por lo que la solución no es

⁵⁰ French, Steven. “The Structure of the World: From Representation to Reality”. 2012. (Forthcoming). Chapter 9. p. 11.

postular esas propiedades como algo extra, independiente de la estructura, sino como algo que esté contenido-definido dentro de la misma. Para lograr este objetivo, una posible propuesta es añadir una propiedad a cada punto del espacio lógico con la que se especifique por cuántas entidades puede ser instanciado, así ya no tendríamos que preocuparnos por cómo distinguir dos entidades que instancian el mismo punto porque ya no hay ocupantes concretos, sino ocupancia múltiple. Hasta aquí estaríamos frente a la propuesta del realista estructural óptico, es el momento de hacer notar la paradoja identificada por van Fraassen: la idea es que la única forma en la que los enunciados sobre la ocupancia múltiple de un punto del espacio lógico de una estructura sean verdaderos es que, de hecho, existan esa cantidad de entidades para instanciarlo. Así pues, es necesario que exista algo más que estructura, esto es, entidades que la instancien, de otro modo, la estructura caracterizada no existe y la ciencia no está hablando de la realidad. Con esto van Fraassen cierra (al menos de momento) su crítica a la variante óptica del realismo estructural, considerando que no hay forma de salir de la paradoja señalada.

Nótese nuevamente que tanto el realismo estructural, como el empirismo constructivo propuesto por van Fraassen en 1980, se adhieren a una concepción semántica de las teorías científicas, por lo que comparten la idea de que a través de objetos abstractos, como las estructuras matemáticas de las teorías, se está representando el mundo; la diferencia radica en que el realista estructural piensa que la estructura abstracta logra representar la estructura real del mundo, mientras que el empirista constructivo sólo se compromete con que la estructura abstracta representa la estructura de los fenómenos. Habiendo identificado algunos problemas importantes del realismo estructural y después de declararse abiertamente en contra del mismo, van Fraassen sigue sosteniendo en la actualidad una concepción estructuralista de la ciencia y recientemente presenta lo que él llama un *estructuralismo empirista*, en el que mantiene y refina muchas de sus tesis originales, mientras se compara directamente con el realismo estructural.

Al igual que el realismo estructural, el estructuralismo empirista acepta que el conocimiento científico es acumulativo y que lo que nos ofrece la ciencia es conocimiento de estructuras, su particularidad es que limita el tipo de cosas de las que nos ocupamos directamente a dos clases. Por un lado estarían las cosas concretas como los objetos

observables, los eventos y los procesos de la naturaleza, y por el otro las estructuras matemáticas abstractas en términos de las cuales capturamos la estructura de los primeros⁵¹.

La acumulación de conocimiento que se defiende en esta propuesta es una acumulación del conocimiento de la estructura de los fenómenos observables, no de una estructura que supuestamente corresponde a lo que hay más allá de los fenómenos, como sostiene el realismo estructural. Con este tipo de acumulación puede sostenerse perfectamente que el éxito científico no es un milagro, pues para que ocurra un cambio de teoría lo que se exige es que se conserve y amplíe el éxito empírico que la teoría predecesora tenía. Así, para que haya continuidad en la ciencia sólo es necesario que se identifique un núcleo empírico que encaja tanto en los modelos de la teoría predecesora como en los de la nueva; la nueva teoría explica el éxito de su antecesora mostrando que sus predicciones empíricas son aproximadamente las mismas, no hay necesidad de recurrir a complicados procesos de reducción formal de las teorías, que quizá sería el ideal para el realista estructural, simplemente el hecho de que una teoría más abarcadora dé soporte al éxito empírico previo es suficiente para garantizar la continuidad de la ciencia, sin importar si la nueva teoría redescrive totalmente la naturaleza en sus propios términos.

Queda clara, entonces, la crítica que van Fraassen ha hecho contra el realismo estructural óntico y algunas de las principales diferencias que su propuesta estructuralista presenta con respecto a la de aquel. No sobra recalcar que en la propuesta de van Fraassen es supremamente importante el papel del científico en la construcción de las teorías, lo que hace que su concepción de la ciencia sea quizá más intuitiva. Se entiende que la estructura de las teorías es una representación isomórfica de la estructura de los fenómenos, por lo mismo es siempre parcial, selectiva y dependiente del contexto, un contexto que está determinado por los intereses y puntos de vista del científico al momento de realizar la observación de los fenómenos y la abstracción de las características de los mismos. Obviamente la idea de representación a través de estructuras abstractas que plantea van Fraassen y, en general, los estructuralistas, no está libre de críticas, sean éstas objeto de un trabajo posterior.

⁵¹ Van Fraassen. Op. Cit. Structure... p. 297.

CAPÍTULO III

REALISMO ESTRUCTURAL ÓNTICO: ¿LA SOLUCIÓN DEFINITIVA?

Hemos visto cómo el enemigo más fuerte del realismo científico resulta ser la meta-inducción pesimista de Laudan, quien basándose en ejemplos históricos, como el caso del flogisto o el caso del éter, concluye que la verdad completa o aproximada de las teorías no es necesaria para el éxito científico. Al aceptar la idea de que las ciencias maduras nos cuentan una historia verdadera o aproximadamente verdadera de la realidad, el realista científico típico se compromete con la ontología de las teorías y cuando históricamente se demuestra que en el cambio de teorías no hay una continuidad con respecto a los objetos de los que habla una ciencia madura, su argumento se debilita y se hace prácticamente insalvable.

El realismo estructural, en sus inicios, nace de la motivación de dar una respuesta al problema anterior con la que se pueda mantener una posición realista con respecto a la ciencia. Convencido de que la mejor explicación para el éxito de las ciencias maduras es que éstas están diciendo algo verdadero acerca de la realidad y teniendo en cuenta que el posible cambio de ontología en el cambio teórico es un hecho histórico ineludible, Worrall pretende encontrar qué es aquello que hay en las teorías científicas que se conserva a través del cambio teórico y que, por lo tanto, sustenta el éxito progresivo de la ciencia, con respecto a lo cual debemos ser realistas.

Tomando como ejemplo el caso del cambio teórico de la teoría de la luz de Fresnel a las ecuaciones de Maxwell, en las que la concepción de la naturaleza de la luz es radicalmente distinta, mientras las ecuaciones que describen su comportamiento se mantienen, Worrall afirma que lo que se está conservando en el cambio de teoría es la estructura teórica representada en las ecuaciones y que, dado que el éxito predictivo se mantiene, es con respecto a dicha estructura que debemos mantener una posición realista, entendiéndola como una *representación* adecuada de la estructura de la realidad.

La idea del realismo estructural así definido es, entonces, que podemos confiar en que lo que nos dicen las teorías científicas acerca de la estructura del mundo es correcto, pero no podemos decir nada seguro con respecto a la naturaleza, a las propiedades intrínsecas, de los entes inobservables que lo pueblan. A este tipo de realismo estructural se le conoce actualmente como *realismo estructural epistémico*. Nótese que a pesar de que el foco de atención se concentra ahora en las relaciones entre los entes inobservables y no en las propiedades de los mismos, la posición metafísica con respecto a ellos no ha cambiado. Así pues, dejando de lado los posibles problemas particulares que esta propuesta pueda tener, Ladyman⁵² afirma que no supone una mejora significativa con respecto al realismo científico clásico, pues, al igual que éste, sigue sin poder dar cuenta de los resultados de muchos experimentos de la física moderna, en los que la noción de objeto parece gravemente amenazada. Es éste el punto de partida para una nueva propuesta de realismo estructural, el *realismo estructural óntico*.

El problema de la individualidad de las partículas elementales

Con el desarrollo de la mecánica cuántica, rápidamente se hizo evidente que las partículas elementales no sólo se comportaban de manera muy diferente a los objetos clásicos, sino que había en ellas algo que sacudía abruptamente nuestras nociones básicas acerca de los entes del mundo. El punto crucial radica en la permutación de partículas elementales en estados cuánticos entrelazados, donde se mostró que las partículas parecían estar violando uno de los principios fundamentales de nuestra noción de objeto: *la identidad de los indiscernibles*.

El principio de identidad de los indiscernibles, propuesto por Leibniz, establece que dos objetos que sean indistinguibles, en el sentido de tener todas sus propiedades en común, no pueden, de hecho, ser dos objetos, sino que tienen que ser uno y el mismo objeto, lo que garantiza la individualidad. Cuando se trata de objetos clásicos, no hay duda de que este principio se cumple, pues por más parecidos que puedan ser dos objetos, jamás podrán

⁵² Ladyman. Op. Cit. *Science, Metaphysics and Structural Realism*. p. 61.

poseer todas sus propiedades en común⁵³; esto se garantiza apelando al principio de impenetrabilidad física, que prohíbe que dos objetos ocupen el mismo lugar en el espacio al mismo tiempo. Así, podemos tener dos objetos que sean exactamente iguales en todas sus demás propiedades, pero en un instante dado necesariamente tendrán que diferir en su posición espacial, que, al ser también una propiedad, asegura que los dos objetos sean individuos distintos.

Ahora bien, cuando se trata de partículas elementales la historia es muy distinta. La cuestión está en que el estado cuántico de un sistema que contiene partículas en entrelazamiento cuántico es invariable a la permutación de las mismas. Por ejemplo, en un ambiente clásico cuando lanzamos al aire dos monedas perfectas hay cuatro situaciones que podemos obtener de manera equiprobable: cara-cara, cara-cruz, cruz-cara, cruz-cruz, los dos eventos intermedios se consideran diferentes porque se acepta el principio de identidad de los indiscernibles⁵⁴ (la permutación de las monedas genera eventos diferentes), así, la probabilidad de ocurrencia de cada uno de estos eventos es la misma: 1/4; pero cuando hablamos de estados cuánticos, los eventos análogos cara-cruz y cruz-cara, dada la invariabilidad a la permutación, resultan siendo el mismo evento y la probabilidad de ocurrencia se divide, entonces, ya no en cuatro, sino sólo tres posibilidades, por lo que el evento cara-cara, por ejemplo, tiene la probabilidad de 1/3.

El hecho de que en los estados cuánticos la permutación de partículas entrelazadas no cuente como dos estados diferentes, sino como el mismo estado, es entendido en términos de que no es posible hacer una observación que nos permita diferenciar entre un estado y el estado que resulta después de la permutación, esto es expresado a través del *postulado de indistinguibilidad*⁵⁵:

⁵³ Se excluyen aquí, por alejarse de punto central de la discusión, contraejemplos extremos como aquel en el que se considera la posible existencia de un universo que contenga dos esferas cualitativamente indistinguibles y nada más. (Black, 1952)

⁵⁴ Aunque las dos monedas sean físicamente iguales, indistinguibles, si se siguiera la trayectoria espacial de cada una de ellas en el lanzamiento podríamos saber cuál cayó en cara y cuál cayó en cruz, esto es lo que el principio de identidad de los indiscernibles establece: aunque haya dos o más objetos indiscernibles, esto es que comparten todas sus propiedades particulares, hay una cualidad que les confiere identidad separada, en este caso su posición espacial.

⁵⁵ French, Steven; Krause, Décio. *Identity in Physics. A Historical, Philosophical and Formal Analysis*. Oxford: Clarendon Press, 2006. p. 142.

Si una permutación de partículas es aplicada a cualquier *ket*⁵⁶ para un ensamble de partículas, no hay forma de distinguir el *ket* permutado resultante del original no permutado por ningún medio de observación en ningún momento.⁵⁷

Nótese que se está hablando de partículas *indistinguibles* que se permutan; ahora recordemos que en el principio de identidad de los indiscernibles se había sentado que si son indistinguibles, entonces son uno y el mismo individuo, pero, en el caso de los estados cuánticos que nos conciernen, claramente estamos hablando de dos partículas, no de una, ¿qué es lo que anda mal aquí? Para entender el problema metafísico con el que nos topamos y que resulta ser la motivación principal del realismo estructural en su versión óptica, debemos partir de hacer una diferenciación entre los conceptos de *distinguibilidad* e *individualidad*. El concepto de *distinguibilidad* se refiere a una relación entre dos objetos, a cómo podemos definir si un objeto es el mismo o diferente de otro; por su parte, el concepto de *individualidad* se refiere al objeto tomado por sí solo, en virtud de qué es idéntico a sí mismo y a nada más. Lo que se quiere dejar claro con esta distinción es que, al tratarse de conceptos distintos, es posible caracterizar ambas nociones de manera distinta y que, por lo tanto, no necesariamente todo par de objetos indistinguibles tienen que ser uno y el mismo objeto, como asegura el principio de identidad de los indiscernibles, sino que es válido pensar que dos objetos pueden ser indistinguibles y, aún así, ser dos individuos distintos.

Así pues, si queremos dar cuenta metafísica de los objetos con los que lidia la ciencia, es necesario no sólo tener claro cuando un par de objetos son indistinguibles, sino definir un principio por medio del cual podamos dejar claras las condiciones para que algo sea considerado como individuo. Aunque son muchas las propuestas que se han planteado, existen en la tradición filosófica dos candidatos principales a *principio de individuación*. Por un lado tenemos la idea de que la individualidad de un ente está dada exclusivamente por el conjunto de sus propiedades⁵⁸, así pues, el principio de identidad de los

⁵⁶ En mecánica cuántica, el estado de un sistema físico se identifica con un vector en el espacio de Hilbert complejo, cada vector se conoce como *ket* y se denota como $|\psi\rangle$.

⁵⁷ Greenberg; Messiah. 1964. Citado por French; Krause. Op. Cit. *Identity in Physics...*

⁵⁸ No todos los autores consideran las mismas propiedades dentro de ese conjunto, básicamente hay tres posibilidades: 1) que el conjunto de propiedades por medio del cual se individuán los objetos contenga *todas* las propiedades relacionales y no relacionales; 2) que contenga todas las propiedades, excepto las propiedades

indiscernibles, aunado a la impenetrabilidad, puede cumplir el papel de principio de individuación, tal y como vimos que funciona para los objetos clásicos. Por otro lado están los que defienden una llamada *individualidad trascendente*, a saber, que la individualidad de un ente está dada por *algo* que está por encima y más allá de sus propiedades regulares, que las trasciende; la naturaleza de ese *algo* puede ser entendida de varias formas, desde el sustrato lockeano hasta una noción de eceidad. Como es de suponerse, la idea de un *algo* que va más allá de las características físicas de los objetos, de un *no sé qué* indescifrable de los entes, es difícilmente sostenible, por tal razón, este segundo candidato a principio de individuación tiende a ser negado tanto metafísica como formalmente.

Ahora bien, si se rechaza la noción de que hay en todos y cada uno de los objetos algo indescriptible, allende sus propiedades usuales, que los hace ser individuos –esto es, algo “extra” que hace que dos objetos indistinguibles a partir de todas sus propiedades aún puedan ser individuos distintos–, parece que queda abierta la posibilidad de que haya objetos que no son individuos. Esto es lo que sucede en la mecánica cuántica: dados los formalismos de la teoría, dos o más partículas en un estado cuántico entrelazado pueden tener exactamente todas las propiedades intrínsecas y extrínsecas en común, de manera que son *indistinguibles*. En este caso no se puede apelar a la posición espaciotemporal para erradicar el problema, pues formalmente las partículas no tienen trayectorias definidas. Frente a esta situación y habiendo rechazado la posibilidad de una individualidad trascendente, la conclusión más natural, incluso para los propios físicos, fue que, dado que hay partículas elementales en estados entrelazados que son indistinguibles, al punto de que su permutación no supone cambio alguno en el estado cuántico, y teniendo muy claro que dichas partículas son contables y no resultan ser una y la misma, entonces dichas partículas *no son individuos*.

La conclusión anterior es tomada actualmente como la “concepción heredada” en filosofía de la física acerca del carácter ontológico de las partículas elementales: dado que violan el principio de identidad de los indiscernibles, las partículas cuánticas no pueden seguir siendo consideradas como individuos. Pero ¿cómo puede entenderse la idea de un objeto que no es un individuo? Ciertamente, dado que estamos acostumbrados a lidiar con

espacio-temporales; 3) que contenga sólo las propiedades monádicas, no-relacionales. Mientras no se diga lo contrario, el principio de identidad de los indiscernibles al que nos referimos aquí corresponde al primer caso, por ser al que generalmente se refiere la discusión.

objetos clásicos, intentar imaginarlo parece una tarea difícil; quizá una forma didáctica de hacerlo es acudiendo a la metáfora propuesta por Hesse⁵⁹ para intentar explicar la metafísica relevante en este caso: imagínese el dinero que hay en su cuenta bancaria, usted revisa su saldo y confirma que tiene \$2000, efectivamente se tienen 2000 “unidades” que pueden de alguna forma ser contadas, pero usted no puede ir al banco y pedirle al cajero: “buenos días, quiero sacar 3 pesos, pero no cualesquiera, quiero éste, ése y aquél, que son los que me regaló mi abuelita en navidad”. Así como dentro de una cuenta bancaria no se puede señalar un peso particular, así mismo las partículas cuánticas indistinguibles en estados entrelazados no pueden ser señaladas individualmente.

Teniendo como base todo lo anterior, como ya se ha sugerido, es claro que la física contemporánea le plantea al realista un problema mayúsculo. Ahora no es sólo que los objetos inobservables de la física hayan cambiado con el cambio teórico, sino que la metafísica que involucra la supuesta naturaleza de esos entes choca con nuestra arraigada concepción metafísica clásica. Dado esto, si se quiere seguir defendiendo una posición realista con respecto a la ciencia, no basta con adherirse a un realismo estructural a la Worrall, que simplemente se desentiende de los objetos diciendo que no podemos saber nada seguro acerca de su naturaleza, pero en cierto sentido sigue asumiendo que los entes que se relacionan a través de las estructuras representadas por las teorías científicas se ajustan a una metafísica clásica; ahora es necesario encontrar una solución que pueda dar cuenta de lo que la ciencia nos está poniendo enfrente, a saber, que parece haber una discontinuidad en la metafísica de los entes que pueblan el mundo. Responder a este reto es la motivación principal del realismo estructural óptico.

El primer paso para intentar plantear una solución es evaluar si la conclusión que nos ha presentado la concepción heredada en este caso es sólida. Parece ser que no es así. Primero que todo, recordemos que la conclusión de que las partículas elementales no son individuos se ha basado en el principio de identidad de los indiscernibles. Como hemos visto, para que dicho principio funcione como principio de individuación debe recurrirse al principio de impenetrabilidad. Resulta que en física cuántica el principio de impenetrabilidad es discutible, por lo que la pertinencia de determinar la individualidad de

⁵⁹ French; Krause. Op. Cit. *Identity in Physics...* p. 143.

las partículas con base en este principio de individuación queda en entredicho⁶⁰. Ahora bien, si, como se ha mostrado, el principio por el que nos habíamos regido para concluir que las partículas cuánticas no son individuos resulta ser contingente, podemos pensar que existe la posibilidad de que, siendo éste falso, haya otro principio de individuación por medio del cual podamos sostener aún la individualidad de dichos entes, quizá una forma de individualidad trascendente o algo por el estilo.

Otra forma de retar la conclusión de la concepción heredada recurre a un análisis riguroso de los formalismos de la mecánica cuántica. Como este tipo de análisis excede los límites de este trabajo, baste por el momento con bosquejar el argumento. Como se dijo al comienzo, todo el aparente problema metafísico suscitado por el desarrollo de la mecánica cuántica tiene su origen en los sorprendentes resultados estadísticos concernientes a la permutación de partículas en estados cuánticos entrelazados. El diagnóstico había sido que los estados cuánticos eran invariables a la permutación de partículas indistinguibles, esto es, que cara-cruz y cruz-cara, retomando nuestro ejemplo, contaban como uno y el mismo estado. Una posible alternativa consiste en entender que el principio de impenetrabilidad a nivel cuántico actúa restringiendo los posibles estados a los que puede acceder un ensamble de partículas, de manera que no es que cara-cruz y cruz-cara sean el mismo estado, sino que hay uno de los dos que, dada la restricción, nunca podrá materializarse y por eso no hay cuatro estados posibles, sino sólo tres para el cálculo de las probabilidades. Si éste resultara ser el caso, podríamos mantener tanto el principio de identidad de los indiscernibles, como la individualidad de las partículas elementales y nuestro dilema metafísico estaría resuelto. La cuestión es que, al nivel mismo de la física, la noción de accesibilidad de estados no está muy clara, por lo que no podemos atenernos a esta opción de manera concluyente.

De acuerdo a lo anterior, nos enfrentamos a lo que Steven French, otro de los defensores principales de la versión óptica del realismo estructural, denomina una subdeterminación de la metafísica por la mecánica cuántica. Como hemos visto, no hay razones concluyentes para aferrarse o desechar ninguna de las dos posibilidades con respecto al carácter ontológico de las partículas elementales; tal y como está la teoría

⁶⁰ Como mencioné en una nota anterior, existen otras versiones un tanto más elaboradas del principio de identidad de los indiscernibles. Baste con decir aquí, que incluso para dichas versiones la validez del principio sigue siendo discutible.

cuántica actualmente se puede defender tanto que dichas partículas son individuos como que no lo son:

[...] la conclusión es que el formalismo [de la física cuántica] puede ser tomado como apoyando dos posiciones metafísicas muy diferentes, una en la que las partículas son consideradas como ‘no-individuos’ en algún sentido y otra en la que son consideradas como individuos clásicos (filosóficamente) para los que ciertos conjuntos de estados son vueltos inaccesibles.

Hay, entonces, un tipo de subdeterminación de la metafísica por la física y, por tanto, buenas razones para ser escépticos con respecto a las afirmaciones de que la física nos obliga a desechar la concepción de las partículas elementales como individuos nombrados.⁶¹

El realista científico considera que es la naturaleza de los objetos inobservables la causa de las apariencias, por lo que la subdeterminación de la metafísica por la física cuántica evidentemente lo pone en aprietos. Si ha de tomarse como verdadero lo que dice la física, ¿cómo justificar que puedan interpretarse dos metafísicas divergentes a partir de la misma teoría?, ¿con respecto a cuál de las dos vamos a ser, entonces, realistas?, ¿cuál de las dos corresponde a la naturaleza real de esos entes inobservables?

Una respuesta, por medio de la cual podría intentar salirse del problema el realista científico, sería apelando a que la física cuántica no es algo a lo que se le pueda llamar una *ciencia madura*, que es con respecto a lo cual se debe tener una actitud realista; que precisamente el hecho de que no pueda dar una solución única a la cuestión de la metafísica de sus objetos inobservables es evidencia de que es una ciencia en proceso de desarrollo. Pero este argumento resulta muy *ad hoc* y en realidad no se sostiene, pues la característica fundamental que se aduce para considerar a una ciencia como “madura” es que logre hacer predicciones novedosas, es decir que logre predecir adecuadamente fenómenos de un tipo nunca antes observado, y de estos ejemplos está llena la mecánica cuántica.

Por otra parte, si quisiéramos adherirnos, mejor, al realismo estructural epistémico, el problema tampoco se soluciona, pues tal y como éste está concebido, los objetos

⁶¹ French; Krause. Op. Cit. *Identity in Physics...* p. 190-191.

inobservables siguen teniendo un papel sustancial, en el sentido de que las estructuras son pensadas como compuestas por *individuos* que tienen ciertas propiedades en las cuales supervienen las relaciones estructurales (aunque no podamos conocer tales propiedades). La cuestión es que, como ya se ha señalado, el problema de la individualidad en la mecánica cuántica es complicado. Resulta que en los estados cuánticos entrelazados las relaciones no supervienen en las características o propiedades esenciales de cada una de las partículas involucradas, sino que, incluso, puede decirse que tales relaciones son anteriores a las partículas mismas; esto en el sentido de que, al ser imposible hablar de los estados específicos de cada una de ellas, de alguna manera se concluye que tal relación de entrelazamiento está contribuyendo a fijar las características de las partículas.

Así pues, parece ser que sostener una posición estructuralista en la que los objetos sigan teniendo cierta prioridad ontológica sobre las relaciones no es una opción adecuada para sostener el realismo y, al mismo tiempo, dar cuenta de los retos a los que nos enfrenta la mecánica cuántica. Es aquí donde surge el *realismo estructural óptico*.

Realismo estructural óptico

Cuando se presentan las dos variantes del realismo estructural suele decirse que, por un lado, la versión epistémica asegura que las teorías científicas maduras están diciendo algo verdadero acerca de la estructura del mundo, pero permanecemos ignorantes con respecto a la naturaleza de los objetos inobservables que lo pueblan; mientras que, por otra parte, la versión óptica afirma que las teorías científicas maduras nos dicen algo verdadero acerca de la estructura del mundo y que, de hecho, eso es lo único que habría para saber porque, finalmente, *todo lo que hay es estructura*.

“Todo lo que hay es estructura... Todo lo que hay es estructura”. ¿Qué quiere decir esto? La reacción inmediata a la idea que parece haber detrás de esta frase es de repulsión. Si nos dicen que todo lo que hay es estructura es difícil no mirar a nuestro alrededor y preguntarnos: “¿entonces mis manos son estructura?, ¿esta manzana que me estoy comiendo es estructura?, ¿esta pantalla que estoy mirando es estructura? ¡No puede ser!, yo no me siento como una estructura, yo soy un ser vivo que piensa, siente y tiene voluntad, ¿cómo me vas a decir que soy una estructura?” La respuesta rápida y simple del realista

estructural óptico sería: “pues así es, efectivamente, si nos ponemos en la tarea de describir todo lo que nos rodea en el sentido más fundamental, finalmente encontraremos que todo puede ser descrito en términos estructurales”.

Recordemos que la motivación principal del realista estructural óptico tiene que ver con los problemas metafísicos surgidos en el seno de la física cuántica. Lo que se busca es construir una propuesta realista que permita sostener la intuición que está de fondo en el argumento del no-milagro defendiéndolo de la meta-inducción pesimista y que, al mismo tiempo, pueda dar cuenta de la subdeterminación de la metafísica de las partículas elementales que acarrea la teoría cuántica. Tal y como lo había propuesto Worrall, el realismo estructural (epistémico) no funcionaba para este segundo objetivo, pues al seguir pensando la estructura como relaciones sostenidas entre *objetos individuales* no es posible adoptar una posición realista con respecto a la teoría cuántica a pesar de su innegable éxito predictivo, que es el punto de partida de cualquier realismo científico. Siendo así las cosas, la propuesta del realismo estructural óptico consiste en abandonar esa posición realista típica orientada a los objetos, para entregarle toda (o casi toda) la carga a la estructura. En palabras de Ladyman:

En el sentido más amplio, OSR [realismo estructural óptico por sus siglas en inglés] es cualquier forma de realismo estructural basada en una tesis ontológica o metafísica que infle la prioridad ontológica de la estructura y las relaciones.⁶²

La idea de “inflar la prioridad ontológica de la estructura” puede ser entendida de diversas formas dando lugar a diferentes tipos de OSR. La propuesta más “radical” y, quizá por ello, la más difundida (y criticada) es la que se conoce actualmente como *realismo estructural óptico eliminativista*, cuyos principales representantes han sido Steven French y James Ladyman⁶³. El apellido de “eliminativista” se le ha concedido porque para solucionar el problema de la subdeterminación de la metafísica por la física lo que propone es que no hay objetos individuales sosteniendo relaciones dentro de una estructura, sino que lo que existe es la estructura como tal y lo que cotidianamente llamaríamos ‘objetos’ puede ser

⁶² Ladyman. Op. Cit. "Structural Realism" en: *The Stanford...*

⁶³ Cabe hacer notar que desde hace poco tiempo la posición de Ladyman parece estar alejando un poco del eliminativismo radical y optando por una noción “delgada” de objeto. Se hablará de esto más adelante.

reconceptualizado como un aspecto de dicha estructura, dentro de la que resultan siendo “nodos” o “posiciones” o “intersecciones” de relaciones relevantes (de manera similar, pero no idéntica, a como se definen las entidades en el estructuralismo matemático). Así, ontológicamente la estructura es anterior a los objetos y no como normalmente se piensa, que sin objetos independientes que hayan de sostener las relaciones no puede haber estructura alguna⁶⁴. Puede decirse, entonces, que es la estructura la que da lugar a los objetos, pero téngase claro que, en este punto, ya no tiene mucho sentido hablar de objetos, pues la estructura lo es todo: el mundo en sí mismo es estructura, una estructura concreta que es isomorfa⁶⁵ a la estructura de la teoría que lo describe y con respecto a la cual hemos de declararnos realistas.

Como es de imaginar, eliminar los objetos, como típicamente los hemos entendido, de la base ontológica del mundo no es una idea fácil de asimilar, pero en su defensa podría decirse que la física cuántica, su principal motivación, tampoco lo es y no por eso vamos a negar que es exitosa. Obviamente, la anterior comparación no exime al eliminativista de argumentar su propuesta y explicar cómo es que ésta da cuenta de algunos problemas que le son particulares y otros que son generales a cualquier realismo o concepción metafísica, pero lo cierto es que, como veremos, muchas de las críticas que suelen hacersele resultan de una aparente incapacidad de salirnos del marco clásico, de manera que terminamos cayendo en el error de exigirle cosas que por la naturaleza misma de lo que entraña la propuesta no le podríamos exigir.

Pero ¿qué quieren decir exactamente los defensores de esta propuesta con “eliminar los objetos”? Pues bien, dado que, como ya vimos, desde la teoría cuántica misma no es posible definir una concepción metafísica única para los supuestos objetos que le conciernen y, aún así, es posible hacer predicciones asombrosas, lo que piensa el eliminativista es que la estructura que plantea la teoría ya nos está dando todo lo que necesitamos saber con respecto a lo que hay detrás de los fenómenos de los que esta ciencia intenta dar cuenta. Si no hay objetos como clásicamente se han definido, no es necesario preocuparse por su naturaleza y conociendo la estructura ya conocemos todo lo que hay por

⁶⁴ Sobre a la crítica de las relaciones sin relata ya se ha hablado brevemente en el capítulo anterior.

⁶⁵ La definición de una relación de isomorfismo entre las estructuras es un punto que no sólo ha sido criticado por los detractores del realismo estructural, sino que se encuentra en discusión entre algunos defensores del mismo, como Elaine Landry y Katherine Brading.

conocer. En otras palabras, muchos críticos⁶⁶ suelen estar preocupados por la idea de que los objetos en sí mismos son los depositarios de ciertas propiedades intrínsecas que son las que hacen posible que jueguen determinado papel dentro de una estructura y que establezcan relaciones con otros objetos; pero resulta que lo que nos está mostrando la teoría física es que, de hecho, las cosas no funcionan así, que los objetos no son nada antes de hacer parte de la estructura, por decirlo de alguna manera, por lo que podría decirse que es ella la que les da lugar, que, de alguna forma, se constituyen en ella y por lo tanto la estructura es todo lo que hay.

Se puede decir, entonces, que ser un realista estructural óptico eliminativista entraña un compromiso con la idea de que no existen objetos “suelos” en el mundo, individuos de alguna manera independientes de cualquier estructura. Lo que típicamente ha recibido el nombre de ‘objetos’ adquiere en este contexto una caracterización completamente distinta; son las estructuras las que poseen prioridad ontológica sobre los “objetos”, son anteriores a éstos y éstos dependen de ellas, lo que no debe llevar al absurdo de pensar que el eliminativista está diciendo que las células, las piedras y los gatos no existen como objetos ordinarios. Lo que no existe son objetos físicos *independientes* de los cuales se puede predicar una cantidad de propiedades intrínsecas que supuestamente los hacen ser los objetos que son y que andan por ahí suelos esperando a establecer relaciones con otros entes para formar una estructura. El mundo, finalmente, es una gran estructura y nada más, por ello si se quiere ser un realista científico, debe ser con respecto a las estructuras que la ciencia propone y no con respecto a la supuesta naturaleza de ciertos objetos teóricos que, como hemos visto, no puede ser ni siquiera fijada en los niveles fundamentales.

Así pues, las propiedades tanto intrínsecas como extrínsecas de los “objetos”⁶⁷ sólo tienen sentido como aspectos de una estructura. Una estructura tiene ciertas propiedades a partir de las cuales quedan fijados los “nodos” y las características de los mismos. Tales propiedades son identificadas en el OSR como aquellas invariantes grupo-teóricas, descritas en términos de principios de simetría, que garantizan la objetividad de las teorías. Tales principios imponen restricciones a las leyes y a las relaciones que pueden

⁶⁶ Ver, por ejemplo, Busch (2003) y Chakravarty (2003).

⁶⁷ Nótese que con el uso de las comillas en este caso se busca hacer énfasis en el cambio conceptual que supone el OSR. Es necesario dejar de pensar en los objetos como clásicamente se ha hecho y hacerse a la idea de que ahora no son más que una característica, un aspecto, de las estructuras y que dependen completamente de ellas, no son nada sin ellas.

establecerse dentro de la estructura y es así como se fijan las propiedades relevantes de lo que clásicamente habíamos llamado ‘objetos’ y que ahora no son más que un aspecto de la estructura.

Lo que esto nos da es un tipo de estructura multi-capa o multi-aspecto que involucra ‘redes de relaciones’ –como representadas por las leyes relevantes, etc.– que se encuentran atadas, por decirlo así, por principios de simetría de orden superior que representan las invariantes en términos de las cuales los “nodos” de la estructura pueden ser descritos.⁶⁸

Lo importante de esto es entender que son las propiedades de la estructura las que están determinando las propiedades relevantes que se encuentran en el fondo de cualquier explicación científica (tales como carga, masa o espín) y que clásicamente se habían tomado como inherentes a los objetos, de manera que metafísicamente ya no se puede hablar de ellas sin hacer referencia a la estructura y queda así clara la prioridad ontológica de ésta, la razón por la cual se dice que todo lo que hay es estructura.

Hasta aquí se ha expuesto la propuesta básica del realismo estructural óntico en su versión eliminativista. Como se ha dicho, es la principal y la más discutida, no sólo por lo controversial que a simple vista parece ser, sino precisamente porque es la primera solución que se plantea en este sentido. Algunas de las variantes que surgen de esta propuesta se esfuerzan por mantener viva, de alguna forma, la noción de objeto, con tal de no tener que enfrentarse a las críticas que se le hacen al eliminativismo por desecharla del todo. Algunos defienden una visión en la que tanto los objetos individuales como las relaciones existen, tienen el mismo estatus ontológico (ni la estructura es ontológicamente anterior a los objetos ni los objetos a la estructura) y se determinan mutuamente (Esfeld, 2004); otros afirman que los objetos individuales existen, pero que su identidad y diversidad depende ontológicamente de las estructuras de las que hacen parte (Saunders, 2006) y también están quienes intentan sostener una especie de eliminativismo moderado “adelgazando” hasta el mínimo la noción de objeto, entre los que se contaría Ladyman actualmente. La razón que tiene French, defensor acérrimo del eliminativismo, para no aceptar opciones como las dos

⁶⁸ French, Steven. “Structure as a Weapon of the Realist” en: *Proceedings of the Aristotelian Society (Hardback)*. Volume 106, Issue 1, June 2006. p. 174.

primeras radica básicamente en que éstas están manteniendo la idea de objetos individuales y eso supone haber elegido uno de los dos lados de la subdeterminación de la metafísica por la física, lo cual no estaría justificado científicamente; por otro lado, con respecto a la propuesta de una noción “delgada” de objeto, que supuestamente resolvería el problema de que existan relaciones sin relata, la cuestión, como han señalado sus críticos, es que es difícil entender cuál es la diferencia con el eliminativismo fuerte, pues, tal y como incluso lo dicen French y Ladyman en un artículo reciente⁶⁹, podría argumentarse que los “nodos” del primero serían los objetos “delgados” del segundo.

Sea como sea, todas las variantes del realismo estructural óptico convergen en sostener que la estructura no es simplemente el resultado de hacer un inventario de las relaciones que se establecen entre objetos, sino que la estructura tiene un estatus ontológico que le es propio e independiente de los objetos y cuyas propiedades son definitivas para establecer las propiedades y la forma en la que se relacionan los objetos teóricos propuestos por las teorías para intentar dar cuenta del mundo. Nótese que por definición para el eliminativista es posible imaginar una forma de hablar, al menos a nivel de la física fundamental, en la que se elimine totalmente la mención a objetos, pero acepta que referirnos a ellos como siempre lo hemos hecho tiene una función pragmática y no está buscando de ninguna forma que los eliminemos del lenguaje ordinario, lo único que busca es que al adoptar una posición realista de la ciencia se tenga claro que mencionar objetos es una forma de hablar, pero que en últimas a lo que siempre nos estamos refiriendo y con respecto a lo cual se considera que la ciencia está diciendo algo verdadero es a la estructura del mundo.

¿Cómo puede ser el mundo una estructura y nada más?

Como ya se ha mencionado, uno de los principales problemas a los que se enfrenta el realismo estructural óptico en su versión eliminativista tiene que ver precisamente con la interpretación que se hace de la afirmación de que *todo lo que hay es estructura*. Algunas de las críticas más serias suelen enfocarse en la idea de que decir que el mundo es enteramente estructural equivale, supuestamente, a decir que el mundo es algo puramente

⁶⁹ French; Ladyman. Op Cit. “In Defence of Ontic Structural Realism”. p. 30.

formal, matemático o no causal. Aunque existen autores como Tegmark (2007) que están dispuestos a argumentar que ciertamente el mundo es una estructura matemática, el realista estructural típico se pone en la tarea de enfrentar dichas críticas e intentar explicar por qué tales interpretaciones no son las adecuadas para su propuesta.

El problema para el realista estructural suele exponerse apelando a una comparación con el estructuralismo matemático y concluyendo que si la propuesta eliminativista fuera adecuada, entonces los objetos del mundo tendrían que ser del mismo tipo que los objetos matemáticos y, como sabemos, nunca nadie se ha encontrado al número tres caminando por la calle. En términos generales, el estructuralismo matemático consiste en describir el dominio de las matemáticas describiendo la estructura del mismo, de manera que los elementos de ese dominio resultan siendo los “nodos” o “posiciones” de dicha estructura y su identidad queda completamente definida por el papel que ellos juegan dentro de la misma. La estructura matemática es como tal una estructura abstracta, pues no contiene característica alguna que no juegue un papel fundamental dentro de la formación de las relaciones que en su interior tienen lugar, se han abstraído todas las demás cualidades que posiblemente podrían tener los objetos de un sistema que fuera una realización de tal estructura; por ejemplo, al hablar de la estructura de los números naturales no se está teniendo en cuenta si se habla de manzanas, casas o árboles, los números resultan ser posiciones dentro de la estructura abstracta y las relaciones entre ellos se mantendrán intactas sin importar si se trata de manzanas, casas o árboles. Los objetos matemáticos son abstractos y son lo que son independientemente de que haya en el mundo diferentes sistemas concretos que realicen su estructura o no.

A grandes rasgos, la propuesta del realismo estructural óptico parece tener una gran similitud con el estructuralismo matemático al afirmar que todas las propiedades de lo que típicamente se ha conocido como ‘objetos’ dependen en última instancia de la estructura del mundo y, por lo mismo, los objetos no pueden ser amasijos aislados de propiedades, sino que necesariamente sólo se puede hablar de ellas como cumpliendo un papel o haciendo parte activa de una estructura. Así pues, los críticos⁷⁰ del realismo estructural concluyen que si finalmente todo lo que habíamos considerado antes como objetos resultan ser “nodos” dentro de una estructura concebida a la forma del estructuralismo matemático y

⁷⁰ Con respecto a esta crítica ver, por ejemplo, van Fraassen (2006) y Cao (2003).

no existe nada más aparte de eso, entonces la estructura del mundo resulta siendo una estructura abstracta y el mundo en sí mismo un ente abstracto y eso choca directamente con la tesis comúnmente aceptada de que las cosas con las que lidiamos en la cotidianidad son concretas y eso es razón más que suficiente para rechazar de manera tajante la propuesta del OSR. La respuesta del realista estructural es que la estructura de la que él está hablando, que es el mundo mismo, es una estructura concreta, no abstracta, y es concreta a pesar de que no existan objetos aislados como cúmulos de propiedades intrínsecas que están esperando entablar relaciones con otros objetos para formar una estructura, sino que la estructura es anterior a cualquier propiedad y a cualquier objeto (porque, de hecho, ya no hay objetos como tales).

¿Qué se quiere decir con que el mundo es una estructura concreta? ¿Cómo diferenciar entre el mundo físico y el matemático, si en ninguno de los dos se habla ya de naturalezas intrínsecas? He aquí uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el realista estructural óptico. Aunque he dicho más arriba que muchas de las críticas al OSR vienen de una confusión, de una incapacidad para dar ese salto entre paradigmas y así intentar comprender desde adentro qué es lo que está proponiendo, vamos, por un momento, a analizar la situación en términos familiares (“clásicos”). Primero que todo, el realista estructural nos ha dicho que lo que él está defendiendo es que si tenemos una teoría científica exitosa a la que subyace una estructura, entonces tenemos razones de peso para convencernos de que esa estructura corresponde con la estructura del mundo y que, basados en la mecánica cuántica, podemos argumentar que, en últimas, es la estructura lo único que hay para conocer. Por otra parte, también nos dice que, ciertamente, con lo anterior está diciendo que el mundo mismo es una estructura, pero que antes de que lo castigemos con el látigo de la indiferencia por intentar convencernos de que vivimos en un mundo abstracto, tengamos en cuenta que la estructura que él le atribuye al mundo es una estructura concreta.

En relación con el mundo físico, típicamente relacionamos el término ‘estructura’ con la idea de un sistema compuesto por elementos determinados que se relacionan entre sí de un modo específico. Tenemos claro también que podrían existir otros sistemas, compuestos por elementos distintos, que bien podrían estar sosteniendo exactamente las mismas relaciones, de manera que todos estarían compartiendo la misma estructura. Tal y

como se explicó anteriormente, eso que se obtiene después abstraer las cualidades no relacionales de los componentes de los sistemas que comparten una estructura es lo que entendemos como estructura abstracta. Ahora, ¿qué se entiende como una estructura concreta? Bueno, pues una estructura concreta bien podría ser aquella que se ha realizado en un sistema físico determinado; al encontrar un sistema concreto que sostiene una estructura puede decirse que la estructura se ha concretado. Pero fijémonos que al decir que hay un sistema concreto que realiza la estructura estamos diciendo que hay *algo más* aparte de la estructura y, como se ha venido insistiendo, el realista estructural óntico niega que haya algo más: todo lo que hay es estructura y esa estructura es concreta. Dado lo anterior la conclusión del crítico es: o la estructura de la que habla el OSR no es concreta o es concreta, pero siguen existiendo objetos con propiedades intrínsecas, en cualquiera de los dos casos el OSR es insostenible.

La pelea con el estructuralismo, tanto matemático como científico, no es nueva, sino que viene desde Russell y difícilmente escapa de lo ya dicho por él⁷¹. Cuando el estructuralista matemático o el realista estructural sostienen que hay una estructura *pura* que describe y a la vez determina cierto dominio y que teniendo eso ya no es necesario conocer nada más acerca del mismo, la reacción de rechazo por parte de muchos es inminente. El señalamiento de que la idea de una estructura pura es incoherente tiene como base la tesis de que los objetos, ya sean físicos o matemáticos, tienen que tener naturalezas intrínsecas para poder tener una estructura. El realista estructural alega que detrás de ese señalamiento de incoherencia está la suposición no justificada de que ser un objeto es serlo intrínsecamente y no puede menos que considerarse un prejuicio metafísico. Partiendo de eso, bien podría alegar el realista estructural que no hay mejores razones para dar por sentada la existencia de objetos con naturalezas intrínsecas que se relacionan con otros objetos formando estructuras, que para inclinarse por la idea de la estructura del mundo como ontológicamente anterior a los objetos. El problema es que de ese modo no queda salvado el OSR, pues si se aceptan las estructuras puras, aún queda la cuestión de cómo ha de diferenciarse el mundo matemático del mundo físico.

¿Cómo darle sentido a la idea de una estructura que es concreta por sí misma?
 ¿Cómo ser un realista estructural eliminativista y defender que la estructura del mundo es

⁷¹ Ladyman. Op. Cit . “Structural Realism” en: *The Stanford...*

una estructura física y no matemática? Decir que el mundo es una estructura física “porque está relacionada con los fenómenos, que pueden ser considerados no-estructurales”⁷², no resulta una respuesta muy convincente por parte del realista estructural. Una de las formas más comunes de atacar el estructuralismo es señalar algo que no puede ser descrito en términos estructurales y así concluir que el mundo no es puramente estructural como ellos afirman. La respuesta del estructuralista suele ser mostrar cómo eso que se suponía que era no-estructural resulta que sí puede, en últimas, describirse estructuralmente, despojándolo así de cualquier concreción intrínseca. Dado lo anterior, es más que sospechoso que si siempre están tratando de defenderse de eso, sean ellos mismos quienes terminen intentado darle sentido a su propuesta apelando a que hay elementos no-estructurales que se relacionan con la estructura del mundo y la concretizan o le dan su carácter de física. Si es el caso que hay algo en los fenómenos que es no-estructural, entonces, ¿quiere decir esto que, finalmente, no todo lo que hay es estructura?, ¿o es que hay algo por fuera y más allá de ese *todo* al que hace alusión su famosa afirmación?

Para señalar que un fenómeno es concreto, éste suele relacionarse con dos características indispensables de sus componentes: ubicación espacio-temporal y poder causal. Dado que los fenómenos están, por decirlo así, compuestos por objetos en el sentido cotidiano y que dichos objetos son totalmente reducibles a términos estructurales, tales características quedan también determinadas por la estructura y los fenómenos son despojados de aquello que se suponía los dotaría de una concreción intrínseca. Recordemos que lo que se está buscando es diferenciar a la estructura abstracta de la estructura concreta. Una de las formas de caracterizar lo abstracto es señalándolo como algo que no tiene posición espacio-temporal ni poder causal. La cuestión es que en la estructura del mundo físico dichas características no serían intrínsecas a nada, sino que, al realizar el movimiento eliminativista, quedarían determinadas por la estructura misma y seguiríamos sin encontrar una diferencia entre las estructuras matemáticas y las físicas.

Ahora bien, ¿qué pasaría si no realizamos directamente el movimiento eliminativista? Como señala French⁷³, tampoco parece haber mucha esperanza en esta opción. Supongamos que no se ha realizado ningún movimiento ontológico con respecto a

⁷² French. Op. Cit. “The Structure of the World...”. Chapter 9. p. 4.

⁷³ *Ibíd.* p. 9.

los objetos y seguimos pensando en la posición como aquello que indica la naturaleza espacial de lo concreto. Si queremos diferenciar la estructura abstracta de la concreta diciendo que los objetos abstractos no existen en el espacio-tiempo como los concretos, lo primero que habría que definir es qué se va a entender por “existir en el espacio-tiempo”. Si existir en el espacio-tiempo implica que un objeto tenga una posición determinada durante toda su existencia, las partículas cuánticas claramente representarían un contraejemplo y si seguimos estando de acuerdo en decir que los fenómenos cuánticos son concretos, como obviamente aceptaría el realista estructural, entonces la posición espacio-temporal no puede ser la característica determinante de lo concreto en contraposición con lo abstracto.

Podría pensarse en una posibilidad diferente y sostener que el mundo es una estructura pura que se hace concreta porque está de alguna forma relacionada con el espacio-tiempo que es algo independiente de la misma. Una opción que el realista estructural no descarta del todo es entender el espacio-tiempo como algo que tiene su propia naturaleza (independiente de la del mundo), que es concreto intrínsecamente y que podría dotar a la estructura del mundo de la concreción que se le atribuye. En palabras de French, “no parece haber ninguna incoherencia en sostener una visión estructuralista de los objetos físicos y una visión sustancialista del espacio tiempo”⁷⁴. Como dije más arriba, este movimiento resulta hasta cierto punto sospechoso, pues el realista estructural óntico ha intentado convencernos una y otra vez de que *todo* lo que hay es estructura y no está del todo claro por qué el espacio-tiempo estaría por fuera de ese *todo*. En ese sentido, para sostener la famosa afirmación del OSR, una alternativa sería entender al espacio-tiempo también estructuralmente, pero como una estructura diferente de la estructura física del mundo, que se relaciona con ésta y la unge de concreción. El problema, nuevamente, sería explicar qué le da ese carácter de concreto a la estructura del espacio-tiempo, es decir, simplemente se habría trasladado el problema de diferenciar la estructura matemática de la estructura física del mundo al de diferenciar la estructura matemática de la estructura del espacio-tiempo. Otra crítica que podría hacerse sería con respecto a la dificultad de relacionar dos estructuras de diferente tipo, es decir, si el espacio-tiempo es una estructura intrínsecamente concreta y el mundo es una estructura no-concreta que ha de obtener concreción de su relación con la primera, ¿qué tipo de relación puede haber entre ellas?,

⁷⁴ *Ibíd.* p. 29.

¿no implicaría eso cierta especie de salto ontológico? Hasta aquí el problema de diferenciar la estructura matemática de la estructura física sigue sin solución.

Pasemos ahora al problema de la causación. Se parte del supuesto de que los fenómenos están mediados por poderes causales y que tales poderes tienen su asiento en los objetos individuales concretos. Se dice que si la estructura que defiende el realista estructural eliminativista es una estructura pura, que no es instanciada por un sistema concreto ontológicamente anterior a la estructura misma, entonces no hay forma de dar cuenta de la causación dentro de su propuesta y esto sería otro camino inmediato para descalificarla.⁷⁵ El realista estructural, entonces, deberá buscar una forma de dar cuenta de las características causales del mundo sin introducir un elemento no-estructural que debilite su propuesta.

En este sentido, French considera que admitir que hay un aspecto causal en las propiedades y relaciones físicas que tienen lugar dentro de la estructura del mundo, tal y como la define el OSR, no tiene por qué involucrar, necesariamente, un elemento no-estructural que debilite su propuesta; en palabras suyas:

Para empezar, no está claro qué sería para el aspecto causal de una relación, como distinto de la relación misma, ser estructural o no estructural. Considérese la carga, por ejemplo, entendida desde la perspectiva estructuralista y la afirmación de que ésta tiene eficacia causal: en tanto que esa eficacia puede ser considerada por encima y más allá de la naturaleza de la carga como propiedad y su papel nómico, etc., no está claro que tenga sentido preguntarse si esta eficacia causal es estructural o no. Similarmente, aceptar que debe haber algún principio epistémico con base en el cual podamos privilegiar una estructura particular como *la* estructura de cierto dominio no es admitir que un aspecto relevante de la supuesta ontología estructuralista de uno es no-estructural.⁷⁶

El punto del anterior argumento radica en hacer notar que no toda característica no-estructural en la que uno pueda pensar como relacionada de alguna forma con la propuesta del OSR es necesariamente una contradicción a la misma. Como mencionaba más arriba, la defensa del estructuralista es que intentar hacer que la eficacia causal se defina dentro de la

⁷⁵ Con respecto a esta crítica ver, por ejemplo, Psillos (2006).

⁷⁶ French. Op. Cit. "The Structure of the World...". Chapter 9. p. 24.

ontología de OSR como estructural o no-estructural es un error en el sentido de que, simplemente, no tiene nada que ver con aquello de lo que él está intentando dar cuenta cuando dice que todo lo que hay es estructura. Esto no quiere decir que, por lo mismo, la causación no pueda tener lugar dentro de una visión más general que del mundo o de la ciencia tenga el realista estructural, solamente que es un aspecto que no tiene por qué ser definido como ontológicamente estructural para que su propuesta se mantenga. De cualquier forma, está claro que el defensor de OSR debe intentar darle sentido a una noción de causación que armonice con su posición, aunque bien podría haber diferentes formas de hacerlo manteniendo el núcleo básico del realismo estructural óptico eliminativista.

A pesar del argumento anterior, seguramente el defensor de los objetos como asiento del poder causal está ansioso por escuchar lo que el eliminativista tiene para decir de la causación, pues muchos de ellos están convencidos de que no hay forma alguna de dar cuenta de la eficacia causal y de los fenómenos del mundo sin adherirse a una ontología que le dé prioridad a los objetos. Como es de esperarse, el realista estructural se va a mantener en su posición de que mientras no se demuestre de manera definitiva que el asiento de los poderes causales es no-estructural, él puede intentar hacer un análisis en términos estructuralistas y sostener que efectivamente hay causalidad en el mundo sin que existan objetos independientes de la estructura en los que se encuentre de alguna forma el poder causal.

El problema con la noción de causación es que, incluso por fuera de la discusión con el realismo estructural, es altamente compleja y parece estar lejos un acuerdo entre los estudiosos del tema acerca de cómo debe ser entendida. Se discute, por ejemplo, si la causalidad es un concepto subjetivo, epistémico o material; si realmente existen causas en el mundo o es sólo una impresión que se ha desarrollado en nosotros dadas nuestras facultades cognoscitivas; si la flecha causal necesariamente coincide con la flecha temporal o hay procesos que pueden considerarse causales en los que se rompe esa asimetría de la causa primero y el efecto después; en fin, son muchos los aspectos acerca de la causación en los que aún no nos hemos puesto de acuerdo. Esto complica un poco la discusión dentro del contexto que nos concierne, pero por el momento vamos a enfocarnos en el caso concreto que, se supone, genera más problemas para el eliminativista, a saber, en el que se considera a la causación como un proceso “real” en el que están involucrados ciertos

principios activos que son los responsables directos de la eficacia causal y, por lo tanto, de cualquier cambio que ocurra en el mundo. El realista orientado a objetos sostiene con vehemencia que tales principios activos se encuentran *en* los objetos y que si negamos a los objetos como portadores de ciertas propiedades intrínsecas anteriores a cualquier estructura, entonces nos quedamos sin un asiento para los poderes causales.

Pensar en un principio activo que se encuentra *en* los objetos es tan molesto para el eliminativista como pensar en propiedades intrínsecas. Como ya hemos visto, para el realista estructural óptico eliminativista la idea de los objetos como ontológicamente anteriores a cualquier estructura es un sinsentido. Imaginarse un objeto aislado completamente es algo inconcebible y de ahí que sea tan difícil intentar dar sentido a la idea de objeto como un amasijo de propiedades y nada más. Recordemos que el eliminativista reconceptualiza la noción de objeto para entenderlo como algo que, quizá metafóricamente, podría identificarse con los “nodos” de una estructura. Al caracterizar la estructura del mundo quedan caracterizados todos sus “nodos” y aparecen todas las propiedades intrínsecas, extrínsecas y relacionales de las que habla la ciencia. Del mismo modo, suponiendo que exista tal cosa como el principio activo de la causación, el realista estructural intentará, entonces, mostrar cómo ésta puede tener lugar dentro de la estructura del mundo⁷⁷ sin la necesidad de declinar a su visión ontológica.

Antes que nada es importante recordar que la motivación de OSR es la mecánica cuántica y cuando sus defensores afirman que todo puede, finalmente, describirse en términos estructurales, de lo que están hablando es de los fenómenos reducidos a términos cuánticos y no de un análisis estructuralista de los fenómenos a nivel macroscópico. Así pues, no es una crítica acertada al realismo estructural señalar procesos causales a nivel de la biología, por ejemplo, para mostrar cómo sí hay algo en los objetos que puede considerarse como el poder causal para producir cierto efecto. Ya se ha dicho que el realista estructural acepta el discurso sobre objetos típicos en los diferentes niveles de la ciencia como una herramienta pragmática, pero hace énfasis en que se debe tener claro que en últimas, después de todas las reducciones necesarias, todo lo que hay para el mundo es

⁷⁷ Valga recordar en este momento que para el OSR cada vez que se habla de “la estructura del mundo” se está hablando del mundo mismo, pues todo lo que el mundo es coincide con su estructura, es decir, el mundo *es* la estructura. Es importante tener presente esta aclaración, pues podría parecer que cuando se habla de “la estructura del mundo” se está diferenciando al mundo de su estructura como dos cosas distintas, lo que para el realista estructural no es el caso.

estructura. Teniendo en cuenta esto y habiendo entendido que para el OSR todo proceso a nivel cuántico puede ser descrito en términos relacionales, el eliminativista sostendrá que la causación bien podría entenderse como una relación o como un aspecto de alguna relación sostenida entre los “nodos” de una estructura.

Una de las preocupaciones principales de los críticos del OSR, en este sentido, es cómo han de entenderse los relata de una relación causal dentro de la ontología que propone el estructuralista. Generalmente, cuando se piensa en un proceso causal, lo que se piensa es que la ocurrencia de cierto evento, la causa, *produce* la ocurrencia posterior de otro evento, el efecto. Causa y efecto serían los relata de la relación de causalidad, pero dichos eventos siempre resultan siendo descompuestos en objetos y sus propiedades, de modo que el realista estructural puede decir de manera perfectamente acorde con su propuesta que los relata de una relación causal son nodos en la estructura que describe dicha relación. Una objeción que señalan los críticos es que puede haber cierta circularidad en decir que un relación causal se mantiene entre relata causales que son causales porque son los nodos de una relación causal. El realista estructural responde diciendo que no hay circularidad, puesto que su análisis procede en varios niveles metafísicos: primero acepta hablar de objetos en el sentido usual para identificar lo que serían la causa y el efecto; después analiza la estructura relevante en la que dichos objetos están dispuestos y que está determinada por las leyes y simetrías que los involucran; finalmente, dado que todo lo que participa puede ser descrito en términos estructurales, se realiza el movimiento eliminativista y así se obtienen relaciones supuestamente causales sin relata causales como tales, es decir, sin objetos físicos en los que se encuentre el principio activo de causalidad, sino entre nodos de una estructura entre los que se manifiesta, de alguna forma, el poder causal.

La idea de pensar en un “nodo” con poderes causales resulta repulsiva para muchos, pero en el fondo no es diferente a la idea de pensar en las propiedades que típicamente se habían considerado intrínsecas a los objetos como surgiendo, más bien, de un orden estructural. Obviamente, para aquellos aferrados a un realismo orientado objetos ni lo uno ni lo otro resulta convincente. Pensemos, por un momento, en el motivo de esa repulsión hacia la ontología propuesta por OSR. Parece ser que el problema es que hablar de “nodos” como “portadores” de propiedades que son físicamente observables es una locura

comparable a decir que el número cuatro es rojo y suele tocar la guitarra. Así como los números resultan ser nodos de una estructura matemática y nadie estaría dispuesto a considerarlos como poseyendo características concretas, se piensa que si decimos que los objetos reconceptualizados son “nodos” dentro de la estructura pura que es el mundo, entonces, por las mismas razones que los números, no podrían ser “portadores” de características observables.

El problema con la anterior comparación es que no está teniendo en cuenta que la estructura del mundo no es exactamente del mismo tipo que la estructura de los números naturales, por ejemplo. Según el realista estructural, la estructura del mundo es concreta, no abstracta, y por lo mismo pueden tener lugar en ella propiedades como las que antes se denominaban ‘intrínsecas’ o poderes causales que pueden ser observados, medidos o experimentados, todo esto sin la necesidad de pensar en los nodos como “portadores” abstractos de dichas características. Lo importante es tener claro que se está hablando de un todo y que no tiene sentido estar haciendo análisis aislados de sus partes, lo que antes eran propiedades intrínsecas de objetos ahora son características que subyacen a la estructura completa y que no pueden concebirse como separadas de la misma.

Dado que el realista estructural no ha podido dar una razón definitiva de por qué la estructura que es el mundo es concreta por sí misma, difícilmente puede pensarse que con lo anterior un defensor acérrimo de los objetos vaya a cambiar de opinión con respecto a su juicio acerca de OSR, pero quizá sea un logro grande que por lo menos alguno pueda hacer el ejercicio de ponerse en los pantalones del eliminativista y considerar que, dejando de lado ese pequeño gran detalle de la explicación de la concreción, la existencia de poderes causales dentro del mundo entendido estructuralmente no es imposible.

Así pues, el realista estructural óptico alega que si después de realizar el movimiento eliminativista en el análisis de los procesos causales las relaciones causales se mantienen vivas dentro de la estructura, esto quiere decir que se puede hablar de que en las estructuras hay poderes causales y que no hay una razón definitiva para asegurar que la única forma de que haya causalidad es atendiendo a una ontología que le dé prioridad a los objetos sobre las estructuras. Por otra parte, se insiste en que no está claro por qué es más problemático para el estructuralista decir que los poderes causales están *en* la estructura que para el defensor de los objetos decir que los poderes causales están *en* los objetos o, más

básicamente, en las sustancias simples; para el realista estructural esto sigue siendo un prejuicio metafísico injustificado y que, por lo mismo, no constituye un ataque serio a su propuesta.

Una forma que encuentran los defensores de los objetos para insistir en que éstos son indispensables para cualquier explicación de cambio es decir que sin ellos no se puede hablar de aquello que constituye el principio activo que transforma un estado de cosas en el siguiente. Chakravartty, por ejemplo, argumenta que

[...] un papel explicativo importante que cumplen los objetos es proveer un ‘medio de cambio’. La idea aquí es que en ciencia el cambio es representado a través de ecuaciones dinámicas –tales como las leyes de Newton o la ecuación de Schrödinger– y tales ecuaciones, a su vez, representan relaciones entre propiedades y éstas, de nuevo a su vez, son propiedades de objetos.⁷⁸

Así pues, lo que se alega es que sin objetos, entendidos de la manera usual, se pierde el principio activo que actúa como transformador de un conjunto específico de relaciones en otro. Según esto, el cambio que sufre la estructura del mundo, de un instante a otro, producto de un proceso causal, no puede ser explicado en términos puramente estructurales, pues sin algo que sirva como asiento para el principio activo del cambio quedamos con un vacío explicativo al intentar dar cuenta del mismo. Una de las posibles respuestas que el eliminativista puede dar es negar de tajo la existencia y necesidad de principios activos para que haya cambios en el mundo y adherirse a una visión de causalidad como regularidad humeana⁷⁹; de esta manera puede dar cuenta, en cierto sentido, de la causación dentro del mundo como estructura sin la necesidad de introducir ningún elemento no-estructural amenazante, pero téngase en cuenta que el problema de la diferenciación entre la estructura matemática y la estructura física aún persiste.

Otra de las opciones que se han planteado es adherirse a la visión de que los poderes causales están en las propiedades y no en los objetos, de esta manera, y como ya hemos

⁷⁸ French. Op. Cit. “The Structure of the World...”. Chapter 9. p. 31.

⁷⁹ Ésta es la visión de causación que defiende Steven French, aún así, él acepta que hay otras posibles nociones de causación que son coherentes con el realismo estructural óptico eliminativista básico que él ha defendido.

visto, el estructuralismo puede dar cuenta de tales poderes causales en el mismo momento en el que está dando cuenta de las propiedades que antes se consideraban intrínsecas a los objetos. French sugiere que esta propuesta puede estar acompañada de un elemento no-estructural extra que, sin embargo, no sería del tipo de los que debilitaría a OSR y que quizá ayudaría a dar un paso adelante en el objetivo de diferenciar al mundo matemático del mundo físico. La idea es que los poderes causales “contenidos” en la estructura provienen de algunas de sus relaciones que son “causalmente empoderadas” dentro de la misma y que ese empoderamiento es inherente a cada relación, es decir, no hay forma de describirlo en términos estructurales. Así pues, se podría decir que los poderes causales tienen esencias (quiddities) que los hacen ser lo que son y es así como la estructura del mundo deja de ser una estructura puramente formal.

De cualquier manera, ninguna de estas opciones deja el problema del todo saldado, pues como mencioné anteriormente, el problema con la noción de causación a nivel de la física misma no está resuelto y parece ser que si lo que se busca es diferenciar la estructura matemática de la estructura física a través de la noción de causación, primero habrá que ponerse de acuerdo en lo que la física misma dice con respecto a ello.

En este punto, y para terminar con esta sección, quisiera llamar la atención sobre un aspecto en el que la propuesta del OSR no es muy específica y cuya aclaración quizá podría ser útil tanto para hablar de procesos causales y cambios en general, como para resolver el problema último de la diferencia entre estructura matemática y estructura física. Aceptemos que la estructura es ontológicamente anterior a los objetos, que hay una estructura específica que describe al mundo en su totalidad y que el mundo es en sí mismo dicha estructura. Según se entiende, la estructura de la que se está hablando es una estructura que no sólo contiene las relaciones que se dan entre los nodos en un instante determinado, sino que también contiene todas aquellas relaciones que son la base de procesos que ocurren en el tiempo y que generan cambios observables para nosotros como seres cognoscentes. En este sentido, quizá podría decirse que la estructura de la que hablamos describe al mundo en su totalidad diacrónicamente. Con respecto a esto, bien cabría preguntarse si tiene sentido, entonces, hablar de la estructura del mundo como teniendo un antes y un después del proceso de causación, pues, según se entiende, esas dos configuraciones ya están contenidas en *la* estructura del mundo que *es* el mundo mismo. Lo que se me ocurre es que

quizá la estructura que es el mundo no deba ser pensada como cambiando en función de los poderes causales que actúan en ella, como si el tiempo estuviera por fuera y un ser superior la observara cambiar; la opción que propongo es que la estructura, por decirlo de alguna forma, sea vista desde afuera como “estática” en el sentido de que ya está completa, terminada, como conteniendo cualquier antes y cualquier después; los procesos causales estarían ocurriendo, en cierto sentido, en su interior, pero al ocurrir éstos no están cambiando la estructura, pues dichos cambios hacen parte de la estructura. Podría pensarse, entonces, que al contener a los procesos causales y al cambio definidos estructuralmente, el espacio y el tiempo también estarán determinados dentro de dicha estructura. Una justificación profunda de esta propuesta sería objeto de trabajo posterior. Como obviamente se seguirá insistiendo en que la estructura en cuestión es concreta, podría ser que la pregunta acerca de cómo es que es concreta, si no hay un sistema ontológicamente anterior que la esté instanciando, coincida con los límites del conocimiento científico sobre la materia, el tiempo y el espacio y, por eso mismo, sea tan difícil para el realista estructural responder a tan importante cuestión.

CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo se han estudiado con diferentes grados de profundidad las siguientes propuestas con respecto a la relación que existe entre las teorías científicas y el mundo:

1. Realismo científico clásico.
2. Empirismo constructivo.
3. Realismo estructural epistémico.
4. Realismo estructural óptico.

Con respecto al realismo científico clásico ha quedado claro que aunque la idea de que el éxito científico no puede ser un milagro es altamente intuitiva, la explicación realista no es la única ni necesariamente la mejor explicación para dicho éxito, por no mencionar que la inferencia a la mejor explicación tampoco resulta ser una forma contundente de argumentación. También se ha visto que el argumento histórico que se plantea con la *metainducción pesimista* de Laudan en contra de la intuición realista representa un duro golpe para la misma contra el que poco han podido hacer sus defensores.

Aunque no se ha estudiado a fondo en el presente trabajo la propuesta del empirismo constructivo de van Fraassen, se ha entendido que su principal preocupación es evitar compromisos ontológicos de los que no se tenga evidencia observacional directa, como los que haría el realismo científico clásico en aras de explicar el éxito científico. El problema es que la delimitación entre lo que es observable y lo que no es difusa y al no poder plantear una solución definitiva la propuesta se debilita.

Con respecto al realismo estructural como posible alternativa que lograría conjugar la intuición realista con la evidencia histórica, dadas las críticas mencionadas en el primer capítulo y las respuestas no concluyentes de sus defensores, puede decirse que, al menos como está planteada en este momento en su versión general, dicha propuesta no logra el

objetivo de convertirse en una alternativa realista viable al muy criticado realismo clásico. Para lograrlo deberá resolver, antes que nada, el problema de cómo es que una estructura matemática puede estar representando una estructura de la realidad; además, deberá analizar a fondo el problema de cómo es que se relacionan ontología y estructura y revisar los ejemplos en los que se basa para sostener la tesis de preservación de estructura en el cambio de teorías, siendo importante en este punto, tal vez, presentar una definición clara de lo que se va a entender como ciencia madura, pues tal vez así puedan eliminarse muchos de los contraejemplos que en este sentido se le presentan.

Ahora, si nos remitimos a las versiones específicas del realismo estructural, hemos encontrado que el realismo estructural epistémico no sólo se enfrenta al problema de cómo determinar los aspectos estructurales que han de conservarse en el cambio teórico, sino que, al ser un realismo orientado a objetos como individuos, la metafísica que toma como punto de partida está evidentemente en contra de lo que la mecánica cuántica nos está poniendo en frente con el problema de la identidad las partículas elementales en estados entrelazados.

Por su parte, el realismo estructural óntico, al que nos hemos dedicado con mayor énfasis, resulta ser una propuesta poco intuitiva e, incluso, altamente repulsiva para muchos, pero no por ello carente de valor y, quizá, con buenas posibilidades de instituirse como una alternativa viable al realismo científico clásico. Las principales objeciones que se le plantean parece que tienen que ver con cierta falta de caridad por parte de sus críticos para entender dicha propuesta, pero, de cualquier forma, aún están sobre la mesa dos problemas importantes y relacionados: En qué se diferencia una estructura matemática pura y una estructura física pura; y cómo puede darse cuenta del carácter concreto de la estructura del mundo sin recurrir a términos no-estructurales que vayan en contra del *mantra* “todo lo que hay es estructura”.

La cuestión es que el realista estructural sostiene, casi que intuitivamente, que el mundo es una estructura intrínsecamente concreta y cuando se le pide que explique por qué es concreta, siendo que es una estructura pura al modo de las estructuras matemáticas, no logra dar una respuesta satisfactoria. Su mejor respuesta, tal vez, es decir que entre todas las estructuras puras que podían existir hay sólo una que corresponde al mundo, y es concreta, de hecho, porque es la estructura del mundo, ¡eso es lo que nos están diciendo nuestros sentidos! Lo que considero es que quizá el realista estructural no puede darle sentido a su

propuesta de la forma en la que se lo exigen los críticos porque, precisamente, la estructura de la que está hablando coincide con la estructura que propone la ciencia y, hasta donde sabemos, esta última es una estructura inacabada, es decir, es mucho lo que nos falta descubrir acerca del mundo para considerar a la física como una ciencia terminada. Bien podría ser que, a medida que avance la física, la explicación de por qué la estructura del mundo es concreta por sí misma empiece a cobrar sentido y la clave puede estar, justamente, en esa relación con el espacio-tiempo de la que el realista estructural quería dar cuenta en el tercer capítulo, pero se quedaba a medio camino. Así pues, podría pensarse que el realista estructural óptico eliminativista tiene buenas razones para confiar en esa intuición filosófica que tiene con respecto al mundo más allá de los fenómenos –al fin y al cabo se está basando directamente en las teorías más avanzadas de la física– y lo que falta para que quede completamente esclarecido lo que quiere decir es un avance científico como tal y no un argumento filosófico.

BIBLIOGRAFÍA

- Black, M. “The identity of indiscernibles”, *Mind*, 51: 53–64. 1952.
- Brading, Katherine & Landry, Elaine. “Scientific Structuralism: Presentation and Representation” en: *Philosophy of Science* 73 (5), 2006. pp. 571-581.
- Bueno, Otávio; French, Steven & Ladyman, James. “On Representing the Relationship between Mathematical and the Empirical” En *Philosophy of Science*, 69, Septiembre 2002. pp. 497-518.
- Busch, Jacob. “What structures could not be” en: *International Studies in the Philosophy of Science* Vol. 17, No. 3, 2003. pp. 211–225.
- Cao, Tian Yu. “Structural realism and the interpretation of quantum field theory” en: *Synthese*, 136, 2003. pp. 3–24.
- Chakravartty, Anjan. “The structuralist conception of objects” en: *Philosophy of Science* 70, 2003. pp. 867–878.
- Chakravartty, Anjan. *A Metaphysics for Scientific Realism, Knowing the Unobservable*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- Diéguez Lucena, Antonio. *Realismo científico, una introducción al debate actual en filosofía de la ciencia*. Universidad de Málaga, 1998.
- Esfeld, Michael. “Quantum entanglement and a metaphysics of relations” en: *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 35, 2004. pp. 601–617.
- Esfeld, Michael. “Physics and causation” en: *Foundations of Physics* 40, 2010. pp. 1597-1610.
- French, Steven. “Structure as a Weapon of the Realist” en: *Proceedings of the Aristotelian Society (Hardback)*. Volume 106, Issue 1, June 2006.
- French, Steven. “Welcome to the jumble” una reseña sobre *H. Beebe, C. Hitchcock and Peter Menzies (eds): The Oxford handbook of causation*. Oxford: Oxford University Press, 2009, en: *Metascience*, Vol. 29, Number 3, 2011.

- French, Steven. “The Structure of the World: From Representation to Reality”. 2012. (Forthcoming).
- French, Steven & Krause, Décio. *Identity in Physics. A Historical, Philosophical and Formal Analysis*. Oxford: Clarendon Press, 2006.
- French, Steven & Ladyman, James. “In Defense of Ontic Structural Realism” en: *Scientific Structuralism*. Editado por Peter Bokulich y Alisa Bokulich. Springer: 2011.
- Ladyman, James. “Science, Metaphysics and Structural Realism” en: *Philosophica* 67 (2001, 1). pp. 57-76.
- Ladyman, James. *On the Identity and Diversity of Objects in a Structure* en: *The Aristotelian Society, Proceedings of the Aristotelian Society Supplementary Volume LXXXI*, 2007.
- Ladyman, James. “Structural Realism” en: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2009 Edition)*, Edward N. Zalta (ed.), URL=
<<http://plato.stanford.edu/archives/sum2009/entries/structural-realism/>>.
- Ladyman, James & Ross, Don. *Every Thing Must Go*. New York: Oxford University Press, 2007.
- Landry, Elaine M. & Rickles, Dean P. editores. *Structural Realism: Structure, Object, and Causality*. Springer: 2012.
- Laudan, Larry. “A Confutation of Convergent Realism” En *Philosophy of Science* Vol. 48(1), 1981. pp. 19-49.
- Madrid, Carlos M. “El realismo estructural a debate: matemáticas, ontología y representación” en: *Revista de Filosofía*, Vol. 33 Núm. 2, 2008. pp. 49-66.
- Monton, Bradley & Mohler, Chad. “Constructive Empiricism” en: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2008 Edition)*, Edward N. Zalta (ed.), <http://plato.stanford.edu/archives/win2008/entries/constructive-empiricism/>
- Price, Huw & Weslake, Brad. “The Time-Asymmetry of Causation” en: Beebe, Hitchcock and Menzies (eds): *The Oxford handbook of causation*. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- Psillos, Stathis. “Is Structural Realism the Best of Both Worlds?” en: *Dialectica*, vol.49, No 1, 1995. pp. 15-46.

- Psillos, Stathis. “Is Structural Realism Possible?” en: *Philosophy of Science*, 68, Nº 3, (Proceedings) 2001. pp. S13-S24.
- Psillos, Stathis. “The structure, the whole structure and nothing but the structure?” en: *Philosophy of Science* 73, 2006. pp. 560–570.
- Putnam, Hilary. *Mathematics, Matter and Method*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.
- Rivadulla, Andrés. “El desgarró del realismo. Realismo estructural vs. realismo científico típico” en: David Fernández Duque *et al.* (eds.), *Estudios de Lógica, Lenguaje y Epistemología*. Universidad de Sevilla, Fénix Editora, Sevilla 2010. pp. 357-376.
- Saunders, Simon. “Structural Realism, Again” en: *Synthese*, 136, 2003. pp. 127-33.
- Saunders, Simon. “Are quantum particles objects?” *Analysis*, 66, 2006. pp. 52–63.
- Stanford, Kyle. "Underdetermination of Scientific Theory" en: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2009 Edition)*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/win2009/entries/scientific-underdetermination/>>.
- Tegmark, Max. “The Mathematical Universe” en: *Foundations of Physics*, 38 (2), 2007. pp. 101-150.
- Van Fraassen, Bas C. *The Scientific Image*. Clarendon Press: Oxford, 1980.
- Van Fraassen, Bas. C. “Structure and Perspective: Philosophical perplexity and paradox” en: ML Dalla Chiara *et al* (eds) *Logic and Scientific Methods*, Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1997.
- Van Fraassen, Bas. C. “Representation: The Problem for Structuralism” en: *Philosophy of Science*, 73, 2004. pp. 536-547.
- Van Fraassen, Bas C. “Structure: Its Shadow and Substance” en: *Brit. J. Phil. Sci.* 57, 2006. pp. 275–307.
- Van Fraassen, Bas C. “Structuralism(s) About Science: Some Common Problems” en: *The Aristotelian Society, Proceedings of the Aristotelian Society Supplementary Volume LXXXI*, 2007.
- Van Fraassen, Bas C. “Precis of Scientific representation: paradoxes of perspective” en: *Philos Stud* 150, 2010. pp. 425–428.

- Votsis, Ioannis. *The epistemological status of scientific theories: an investigation of the structural realist account*. London: London School of Economics, 2009.
- Wolff, Johanna. “Do Objects Depend on Structures?” en: *Brit J Philos Sci.* 63 (3), 2011. pp. 1-19.
- Worrall, John. “Structural Realism: The Best of Both Worlds?” en: *Dialectica*, Vol. 43, N° 1-2, 1989. pp. 99-124.