

Variantes del Realismo Estructural en el marco del debate Realismo vs Antirrealismo Científicos

Autor:
Borge, Bruno

Tutor:
Gentile, Nélica

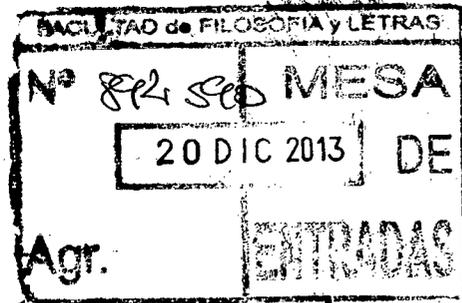
2013

Tesis presentada con el fin de cumplimentar con los requisitos finales para la obtención del título Licenciatura de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires en Filosofía

Grado

Tesis
19-4-13

TES 19-4-13



Variantes del Realismo Estructural en el marco del debate Realismo vs. Antirrealismo Científicos

Tesis de Licenciatura en Filosofía

Facultad de Filosofía y Letras
Universidad de Buenos Aires

Alumno: Bruno Borge ?
LU: 29.951.695

Directora: Dra. Nélide Gentile

MFN 32137

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
Dirección de Bibliotecas

2013

ÍNDICE

Agradecimientos.....	3
1. Introducción.....	4
PRIMERA PARTE:	
2. Realismo vs. Antirrealismo Científico.....	9
2.1. Orígenes del debate.....	9
2.1.1. Fuentes del Realismo Científico moderno.....	11
2.2. Variantes del Realismo Científico.....	20
2.3 Argumentos.....	26
2.3.1. El argumento del nó-milagro.....	26
2.3.2. La meta-inducción pesimista.....	27
2.3.3. La subdeterminación de la teoría por los datos.....	29
3. Realismo Estructural: una aproximación histórica.....	32
3.1. Los orígenes de la tradición estructuralista.....	32
3.2. Los pilares del realismo estructural.....	33
3.3. Construyendo la tradición estructuralista.....	38
SEGUNDA PARTE:	
4. El Realismo Estructural Epistémico.....	51
4.1. Estructura.....	51
4.2. Versiones del Realismo Estructural Epistémico.....	54

4.2.1. Realismo Estructural Epistémico Amplio.....	55
4.2.2. Realismo Estructural Epistémico Restringido.....	58
4.3. Objeciones al REE.....	61
4.3.1 La Objeción de Newman.....	61
4.3.2. La distinción estructura/contenido.....	66
5. Realismo Estructural Óptico.....	69
5.1. Argumentos a favor del REO.....	69
5.2. Versiones del REO.....	75
5.2.1. Realismo Estructural Óptico Platonista.....	75
5.2.2. Realismo Estructural Óptico Eliminativista.....	76
5.3. Objeciones al REO.....	77
5.3.1. Viabilidad conceptual.....	77
5.3.2. Viabilidad metodológica.....	78
5.3.3. Causalidad.....	82
6. Conclusión.....	84
Bibliografía.....	87

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera expresar mi agradecimiento hacia la Universidad de Buenos Aires, por haberme dado no sólo la oportunidad de recibir una educación gratuita de excelencia, sino por abrimme sus puertas para dar mis primeros pasos como docente; la carrera profesional que se inicie con la defensa de este trabajo tendrá como uno de sus objetivos principales saldar su inmensa deuda con la Educación Pública.

Los agradecimientos personales no podría iniciarlos sino aludiendo a la Dra. Nélide Gentile, quien ha aceptado dirigir este trabajo acompañándome con su talento, sus consejos y su cariño, como lo ha hecho en cada paso de mi breve trayectoria académica. Su guía y su confianza están presentes en cada una de estas páginas. En el mismo sentido deseo expresar mi gratitud para con el Dr. Rodolfo Gaeta. Su generosidad, sus profundos conocimientos y su entereza moral lo convierten en un faro para todo aquel que haya abrazado esta profesión. Tal vez sea este el mejor medio para hacerle saber que las extensas discusiones filosóficas que hemos tenido relucen entre mis recuerdos más queridos.

La mención a mis maestros y mentores no estaría completa sin los nombres de la Dra. Susana Lucero y la Mg. Rosana Tagliabue, a quienes les debo valiosos consejos y oportunidades.

Agradezco además a quienes son mis compañeros en los grupos de investigación que integro, por enriquecerme con sus opiniones y sus comentarios. También a familiares y amigos por acompañarme y alentarme permanentemente en este último tramo de mi carrera, especialmente a Andrés Russo y Paz Lort, quienes han sido más que eficaces en esa tarea.

Quisiera agradecer, además, a Josefina Castro. Sus palabras, su colaboración y su amor hicieron que esta tesis fuera posible.

Por último, habiéndome referido a maestros, compañeros, familiares y amigos, no puedo dejar de mencionar a alguien que cae bajo la extensión de cada uno de esos términos. Mi agradecimiento a Susana Sampayo por haberme dado la vida, cada vez que fue necesario.

1. Introducción

La proliferación de voces en el debate entre realistas y antirrealistas científicos ha tenido como una de sus consecuencias más notables el que quien quiera tomar partido por una u otra alternativa deba posicionarse respecto de varias disputas filosóficas que se juegan en más de un terreno. No hay *un* realismo científico, como tampoco una única posición rival. En principio, el Realismo Científico se diferencia en alcance y profundidad de las posiciones que tradicionalmente han sido rotuladas como 'realistas' (a secas), en oposición a aquellas de corte idealista. El Realismo Científico es, primordialmente, una tesis de orden metafísico que afirma la existencia de las entidades inobservables postuladas por nuestras mejores teorías científicas, presuponiendo (al menos en la mayoría de sus formulaciones conocidas) un realismo tanto acerca de los datos inmediatos de los sentidos, como acerca de los objetos macroscópicos. Sin embargo, un pronunciamiento completo respecto del modo en que deben ser entendidas las teorías y los compromisos que se considere correcto asumir respecto de ellas, implica no sólo el nivel ontológico, sino también el semántico y el epistémico. Para un realista semántico las teorías científicas deben ser interpretadas literalmente, por lo que sus enunciados tienen valores de verdad en virtud de su correspondencia/no-correspondencia con la realidad, ello en clara oposición a las posturas instrumentalistas que juzgan que los enunciados teóricos son meras herramientas de cálculo para hacer predicciones empíricas. Un realista epistémico, por su parte, sostiene que el conocimiento de la realidad inobservable que subyace a los fenómenos es una meta alcanzable para (o alcanzada de hecho por) la empresa científica: no sólo se trata de que las teorías científicas procuren describir el mundo inobservable, sino que su verdad (o verdad aproximada) puede ser conocida.

Dichas alternativas han dado lugar a diversas posiciones mixtas: uno podría, por ejemplo, abrazar un realismo metafísico y semántico, pero ser antirrealista en cuanto a la posibilidad del conocimiento del mundo inobservable. A su vez, esa

diversidad se ha visto ampliada ante la posibilidad de no aventurarse a afirmar o negar categóricamente esas tesis, sino permanecer agnóstico respecto en alguno de los planos. Esta estrategia ha dado lugar a la postura antirrealista más mentada y posiblemente más sólida desde fines del siglo pasado, el Empirismo Constructivo de Bas van Fraassen. Para un empirista constructivo el compromiso ontológico con la referencia de los términos teóricos es un salto tan arriesgado como innecesario, no obstante ello está dispuesto a conceder que las teorías pueden ser verdaderas o falsas, aunque no es eso lo que motiva su aceptación, sino el hecho de que sean empíricamente adecuadas es decir, que "salven los fenómenos". Sin embargo, más allá de la vastedad de los matices que le han dado una profunda complejidad al debate, dos argumentos principales han sido esgrimidos a favor y en contra del Realismo Científico. El llamado 'argumento del no-milagro' (cuya primera formulación puede encontrarse en Putnam (1975)) ha sido una de las armas más relevantes de los defensores del Realismo Científico; sintéticamente expuesto afirma que el éxito predictivo de la ciencia sería un milagro si sus teorías no brindasen descripciones verdaderas o aproximadamente verdaderas acerca del mundo. Puesto en otros términos, sostiene que la mejor explicación para el éxito de la ciencia es que las teorías reflejen adecuadamente la realidad inobservable. Estrechamente vinculada a esta idea se encuentra la afirmación realista de la continuidad del conocimiento científico: a través de los sucesivos cambios teóricos hay un elemento que se preserva acumulativamente, y que es responsable del creciente número de predicciones exitosas de las teorías. Los antirrealistas, por su parte, han procurado mostrar que buena parte de la historia de la ciencia consiste en una sucesión de teorías refutadas (que son, además, incompatibles entre sí), lo que constituye una base sólida para inferir inductivamente la futura refutación de las teorías actuales. Dicho argumento ha sido conocido como la meta-inducción pesimista (Laudan 1981). En este marco, el Realismo Estructural (RE) se ha propuesto superar la tensión entre ambos argumentos, rescatando los elementos que hacen de cada uno de ellos propuestas intuitivamente fuertes. Si bien ha sido formulado explícitamente por John Worrall (1989), los orígenes de los lineamientos filosóficos que le dan forma pueden rastrearse en la obra de Duhem, Poincaré y Russell, aunque otros (como por ejemplo van Fraassen) consideran que la prehistoria del RE se remonta hasta los escritos de Newton. Pero más allá de la posible controversia por los pormenores de su biografía, la apuesta del RE consiste en caracterizar el conocimiento aportado por las teorías científicas como un conocimiento acerca de la estructura del mundo, y no sobre su naturaleza. Restringida así nuestra penetración epistémica en la realidad, los cambios esporádicos y abruptos en los compromisos ontológicos de nuestras (sucesivas)

mejores teorías científicas, a los que tan sensible ha sido el ojo kuhniano, no son incompatibles con un conocimiento acumulativo acerca de los aspectos estructurales de lo real, plasmado en la supervivencia (al menos en el límite) del andamiaje matemático fundamental de dichas teorías.

Esta propuesta ha cosechado diversas críticas. Se ha señalado que el éxito predictivo de la ciencia no requiere más que de una coincidencia respecto de la estructura de los fenómenos, y que asumir una duplicación de esa estructura sobre la estructura del mundo inobservable es un paso injustificado. Dicha crítica ha aparecido de manera más explícita y desarrollada en la obra de van Fraassen, quien a partir de ella ha dado lugar a una nueva forma de considerar en términos estructurales el cambio teórico que él mismo ha denominado Estructuralismo Empirista. Por otra parte, ahora desde el bando realista, Stathis Psillos (2006) ha esgrimido una serie de críticas cuestionando la posibilidad misma de que pueda tenerse conocimiento de una estructura prescindiendo de todo conocimiento de los elementos que la conforman; es decir, conocer ciertos aspectos estructurales del mundo implica conocer algo más que simplemente esos aspectos.

Con todo, más allá de las críticas que esta posición pueda haber suscitado, debe atenderse a que sus tesis fundamentales refieren a qué esferas de la realidad podemos conocer: fuera de los presupuestos metafísicos que hayan de asumirse para que el RE sea sostenible, el foco de su propuesta se centra en el nivel epistémico. En virtud de ello James Ladyman (1998) en colaboración con Steven French (2003a, 2003b) rebautiza a esa tesis y abre el juego a una nueva clasificación distinguiendo entre un Realismo Estructural Epistémico (REE) y un Realismo Estructural Óptico (REO), cuya formulación elemental es tan breve como sorprendente: conocemos sólo la estructura del mundo, pues es lo único que hay. El RE deja de funcionar como una instancia diplomática entre dos mundos –o al menos entre lo mejor de ellos– para convertirse en una posición realista por propio derecho. Una en la cual la reconceptualización metafísica de los objetos en términos estructurales evite el surgimiento de algunos de los grandes problemas que abrumaron a quienes intentaron sostener una actitud realista hacia las teorías. Sin embargo, no sólo se trata de servirnos de una nueva ontología para evitarnos viejos problemas. Si eso no nos basta para convencernos de la necesidad de un cambio en nuestras convicciones metafísicas, he aquí una nueva razón: mientras que una concepción realista acerca de las estructuras se presenta como coherente con los resultados más recientes en física cuántica (al menos en su interpretación ortodoxa), esos mismos resultados parecen socavar la posibilidad de sostener una posición como la del realismo tradicional acerca de los objetos físicos. Esta nueva posición ha sido blanco de críticas que cuestionan

desde la conveniencia metodológica de la aceptación de una metafísica que postule a los patrones reales de relaciones como sus elementos fundamentales (Chakravartty 2003) y, hasta su misma inteligibilidad (Psillos 2006). Pese a ello es para muchos una alternativa promisorio tanto respecto de su carácter superador de algunos de los problemas filosóficos que gravitan en torno al debate Realismo vs. Antirrealismo Científicos, como en razón de su intento de brindar una concepción metafísica realista para algunos de los campos más recientemente desarrollados de la física moderna.

En el presente trabajo me propongo analizar en profundidad el rol que el RE, *Objetivos* en sus diversas variantes, ha tenido dentro del debate Realismo vs. Antirrealismo Científicos, atendiendo tanto a los aspectos histórico-conceptuales de su desarrollo como a la evaluación pormenorizada de sus tesis constituyentes, de las críticas que ha motivado y de las respuestas que se han ensayado en su defensa.

La sección 2 brinda un panorama general del debate en torno al realismo científico, dando cuenta de su origen histórico y de los puntos más salientes de la discusión. [Se analizan también allí las distintas variantes que en las posiciones antagónicas el debate admite,] finalizando con una descripción de alguno de los principales argumentos que han sido esgrimidos en favor de una u otra posición; se presta especial atención al llamado argumento del no-milagro, al argumento de la meta-inducción pesimista y a la tesis de la subdeterminación de la teoría por los datos.

La sección 3 ofrece una aproximación histórica al modo en que las tesis fundantes de la mirada realista estructural acerca de la ciencia fueron gestándose, desde lo que podría denominarse la 'prehistoria' del RE, hasta sus formulaciones explícitas en la segunda mitad del siglo XX.

En la sección 4 considero en particular una de sus variantes, el REE, reconstruyendo sus premisas fundamentales a partir de sus distintas versiones, revisando las principales críticas que se le han formulado. Se dedican apartados a la Objeción de Newman y a la que sostiene la imposibilidad de trazar la distinción estructura/contenido, por ser las que han hegemonizado el campo crítico contra el REE. En esos mismos apartados se exponen críticamente las respuestas más salientes que se han ofrecido al respecto. En ese marco se intentará mostrar cómo la dificultad que el REE encuentra en brindar una salida adecuada a la Objeción de Newman lo arroja a una difícil encrucijada: si acepta sin más sus resultados, su caracterización del conocimiento científico se acerca demasiado a la del Empirismo Constructivo; si en cambio busca eludirla, debe resignar sus compromisos estructuralistas y regresar a las bases de un Realismo Científico de corte tradicional.

La sección 5 emprende una tarea análoga, pero esta vez en relación con el REO. Se analizan allí, en primer lugar, los argumentos principales que se han

esgrimido para justificar el abandono del REE y la adopción del REO, para consignar a continuación las distintas versiones en las que se ha presentado dicha posición. Por último se exponen las objeciones de más peso contra esta alternativa: las que han cuestionado su viabilidad conceptual y metodológica, y la que le imputa no poder dar cuenta de la causalidad y el cambio. En cada caso se evalúa su real impacto sobre el REO, y se procura dar cuenta de las respuestas que podrían ofrecerse al respecto, o que efectivamente han sido dadas en la literatura especializada. En ese marco se intentará mostrar que ninguna de las citadas objeciones consigue socavar los fundamentos del REO ni brindar suficientes motivos para su abandono. Pese a ello, muchos aspectos que hacen ^a al desarrollo y adecuada formulación de esa posición resultan todavía problemáticos, por lo que se procurará ofrecer las bases de una agenda para los realistas estructurales ónticos en relación a desafíos como la modalidad, la referencia, la proyección de las reflexiones sobre la física a las ciencias empíricas en general y la misma noción de estructura.

Por último, la sección 6 incluye las conclusiones y comentarios finales a este trabajo.

PRIMERA PARTE

2. Realismo vs. Antirrealismo Científico

2.1 Orígenes del debate

En 1543, a instancias de uno de los discípulos más cercanos de Copérnico, veía la luz la primera edición de *De revolutionibus orbium coelestium*. Su autor coexistió apenas unos meses con su obra publicada, y se tiene por cierto que su deteriorada salud le impidió llegar siquiera a conocer alguno de sus ejemplares. A pesar de la prudencia que resultaba de uso por aquellos días, Copérnico dejó traslucir en varios pasajes del libro su intención de postular el sistema heliocéntrico -aunque tal vez convenga el nombre de 'heliostático', ya que el sol no se encontraba precisamente en el centro- no sólo como un sistema de cálculo que superase las dificultades que el modelo ptolemaico arrastraba desde hacía siglos, sino como una descripción del comportamiento físico real de los cuerpos celestes. Sin embargo, este espíritu realista se vio opacado durante algunos años por un prólogo sin firma que antecedió a la obra, y que se atribuyó sin más al mismo Copérnico. En dicho prólogo se aclaraba explícitamente que las hipótesis expuestas a lo largo del texto habían sido concebidas con el sólo objeto de calcular los movimientos celestes a partir de los principios de la geometría, y que "...no es necesario que estas hipótesis sean verdaderas, ni siquiera que sean verosímiles, sino que basta con que muestren un cálculo coincidente con las observaciones" (1987:33). Esa advertencia había sido introducida por el teólogo alemán Andreas Osiander, como un modo de atemperar las posibles reacciones adversas que el revolucionario sistema copernicano pudiera suscitar. Pese a su anonimato, serían precisamente esas líneas las que terminarían por darle a su nombre un lugar destacado en la historia de la astronomía, y de la ciencia en general. Aun

cuando sus rasgos coyunturales la dotaban de un carácter más bien político que filosófico, muchos han visto en la advertencia de Osiander el primer antecedente explícito de una posición antirrealista respecto de una teoría científica: el heliocentrismo copernicano no necesitaba ser una teoría verdadera para ser empíricamente adecuada. De hecho ni siquiera pretendía serlo, por lo que al postulado antirrealista que desliga el éxito predictivo de la verdad se agregaba otro netamente instrumentalista: la construcción del sistema no tenía por objeto brindar ningún relato acerca del mundo sino sólo una herramienta de cálculo, por lo que no debía "tomarse como verdad lo imaginado para otro uso" (1987:33).

Otros, como por ejemplo Duehm, han rastreado las manifestaciones de esta postura mucho más lejos. Para él, las posturas realista e instrumentalista se remontan a dos tradiciones alternativas en la historia de la astronomía. Por una parte, una tradición de cuño platónico que, partiendo de la convicción de que los astros se desplazan describiendo órbitas circulares y a velocidades uniformes, pretendía elaborar modelos geométricos que permitieran dar cuenta del movimiento aparente de los planetas, sin que ello tuviese un correlato con la estructura física del universo real. En esa línea Duhem ubica los sistemas de de esferas homocéntricas de Eudoxo y Calipo (siglo IV a. C.). Por otra parte, una tradición de espíritu aristotélico en la que los meros artificios matemáticos para describir los movimientos celestes no resultan suficientes si no se los constriñe al criterio más riguroso de la realidad física. A sabiendas de que un mismo movimiento podría ser descrito a través de sistemas distintos, la explicación aristotélica requería de la apelación a la naturaleza de los elementos que entraban en esa explicación, y por ende a la realidad misma de esos movimientos. Es por ello que Aristóteles juzgaba reales las esferas postuladas por Eudoxo y Calipo, y por supuesto a las de su propio sistema.

En esta arqueología del realismo/antirrealismo científico no han faltado las voces que buscaron relacionar diferentes episodios de la historia de la ciencia y la filosofía con los términos de la polémica actual. Con razón o sin ella, y por más notable que el caso de Osiander sea a la mirada contemporánea, debe admitirse que los debates en torno al realismo científico han estado profundamente imbricados en las disputas generales acerca del realismo y el idealismo, y no han cobrado real independencia ni densidad filosófica hasta fines del siglo XIX y, principalmente, comienzos del XX.

Es allí, en coincidencia con el surgimiento de algunas de las teorías más importantes e influyentes para la ciencia contemporánea, que se abre el juego a interpretaciones y reflexiones filosóficas acerca de esas teorías y de la ciencia en general. Con todo, no es sino hasta mediados del siglo XX, con la declinación del

positivismo lógico como referencia filosófica dominante, que el campo de batalla entre realistas y antirrealistas científicos comienza a tomar la forma que hoy nos resulta familiar.

2.1.1 Fuentes del Realismo Científico moderno

Como sugerí en el apartado precedente, más allá de las posibles reconstrucciones conceptuales del modo en que las raíces del realismo científico moderno se hunden en la historia, dos son las fuentes principales a partir de las que se ha instituido como un campo de debate autónomo. Por una parte, los intentos que algunos científicos con vocación filosófica han llevado a cabo por defender alguna interpretación (realista o instrumentalista) respecto de teorías sobre el mundo inobservable, de cara a la constante afluencia de nuevos resultados experimentales. En esta línea, cabe reconocer dos momentos fundamentales. En primer lugar, el debilitamiento paulatino de las interpretaciones fuertemente instrumentalistas de la teoría atómica a fines del siglo XIX y comienzos del XX ante los avances obtenidos por la física y la química. En segundo lugar, el complejo campo de disputas que sostuvieron los padres de la teoría cuántica respecto de sus posibles interpretaciones a lo largo de su rica y ardua historia, disputas que hoy día siguen siendo de las más desafiantes para cualquier filósofo de la ciencia. En este punto es de vital importancia considerar los fundamentos de la resistencia que realistas como Einstein y Schödinger mostraron hacia la llamada interpretación de Copenhage de la mecánica cuántica -que a pesar de no ser una posición compacta y unificada hegemonizó el campo de la filosofía de la física por décadas-, y sus posteriores derivaciones en las disputas en torno al principio de localidad luego de los influyentes resultados alcanzados por John Bell. Asimismo se hace necesario poner el acento sobre algunas controversias en tono a aparentes consecuencias metafísicas de la teoría cuántica.

Otra fuente no menos relevante para la configuración actual de las piezas en el tablero del realismo/antirrealismo científico está por el polo crítico generado en torno al positivismo lógico a partir de los años sesenta y el posterior desarrollo del campo filosófico en las décadas siguientes. El foco en este caso amerita ser puesto sobre el modo en que la polarización de los filósofos de la ciencia -en torno a reconstrucciones de la actividad científica de espíritu realista o más cercanas a la historia y la sociología de la ciencia- contribuyó al desarrollo más preciso y detallado de alguno de los argumentos centrales en favor del Realismo o Antirrealismo Científicos.

Nuevos retos de la ciencia

La idea de que la realidad física pudiese explicarse a partir de la postulación de pequeñísimas unidades indivisibles no ha sido en modo alguno extraña a occidente. Desde Leucipo hasta Newton muchos filósofos y científicos defendieron una u otra forma de atomismo. Sin embargo, fue la obra del químico inglés John Dalton la que instaló las hipótesis atomistas en el centro de la escena científica, lugar que al menos en sentido amplio no han abandonado hasta nuestros días. Varios son los factores que pueden mencionarse como concurrentes a esa consolidación. En cuanto a los méritos estrictamente vinculados a su producción, Dalton pudo conjugar satisfactoriamente la doctrina atómica con el todavía difuso concepto de elemento químico para dar cuenta de muchas observaciones conocidas sobre las reacciones químicas. Así se enfrentó a la llamada *teoría de las afinidades*, que postulaba disposiciones o tendencias intrínsecas de los elementos a combinarse en ciertas proporciones, que en sus diversas formas había monopolizado el campo de la química durante el siglo XVIII. Asimismo su propuesta permitía explicar muchas regularidades empíricas vinculadas con las reacciones químicas, algunas de las cuales habían sido recogidas en leyes ya conocidas, como la Ley de Proust, que describía el modo en que dos o más elementos se combinan dando un determinado compuesto siempre en una relación de masas constantes. Así, dicha ley era explicada a partir de las proporciones definidas del número de átomos de cada elemento que se combina. Por otra parte, el atomismo de Dalton era notoriamente funcional al cada vez más pujante mecanicismo de raigambre cartesiana que dominaba el clima científico de la época, circunstancia que no debe omitirse al considerar las razones de una acogida que, si bien no fue inmediata, se expandió con notoria rapidez. Sin embargo, a pesar de que su poder explicativo y valor heurístico fueron ampliamente reconocidos, en modo alguno las hipótesis atómicas fueron tomadas por más que meras ficciones útiles. Las tablas de pesos atómicos y las leyes de equivalencia para la formación de compuestos que Dalton había derivado a partir de ella tenían plena concordancia con los resultados experimentales, pero la opinión general de la época era que eso sólo bastaba para aceptar un *atomismo químico*, esto es, la explicación de los procesos de composición por medio de la adscripción de pesos a las partículas atómicas, pero no era suficiente para sostener un *atomismo físico* en el que dichas partículas elementales fueran consideradas como entidades físicamente existentes. Los aportes de Maxwell y Boltzmann al desarrollo de

la teoría cinético-molecular de los gases a partir de 1850, hicieron de la discusión en torno a los átomos un tema de difusión generalizada también en física. A pesar de la concordancia de muchos resultados obtenidos en el marco de esta teoría con las propuestas originales de Dalton (como la atribución de pesos atómicos a partir de la hipótesis de la paridad en el número de moléculas en volúmenes iguales de gases, defendida por el físico italiano Amedeo Avogadro) todavía a fines del siglo XIX muchos de los exponentes más salientes de la ciencia de la época se mostraban escépticos respecto de la realidad de los átomos. Wilhelm Oswald, en parte como respuesta al creciente fervor atomista, pero también como rechazo al mecanicismo imperante en física, desarrolló una alternativa centrada en la reducción de toda explicación mecánica a los principios de la termodinámica, que bautizó *energetismo*. El concepto mismo de materia debía ser desalojado de las explicaciones físicas en favor de la más plástica noción de *energía*; el vocabulario referente a átomos era, en el mejor de los casos, un modo abreviado de expresar las operaciones reales de la energía. Estas ideas, si bien no directamente inspiradas en algunos presupuestos del fenomenalismo de Mach, habían claramente sufrido su influencia. También en esa línea, aunque aceptando una versión moderada del energetismo, se encontraba Pierre Duhem, para quien los enunciados acerca de átomos (como acerca de cualquier otra entidad inobservable) no son pasibles de ser verdaderos ni falsos, sino “cómodos” o “incómodos”, es decir, más o menos convenientes para la investigación según la convención vigente. Los únicos enunciados que portan valores veritativos son aquellos que refieren a “hechos de experiencia”. Así, su convencionalismo positivista derivaba en una posición instrumentalista respecto al atomismo. Con las variaciones propias del marco de su pensamiento, idéntica era la posición de Poincaré al respecto, para quien la hipótesis atómica era una suerte de metáfora, un medio para hacer cálculos empíricos por medio de imágenes del entendimiento.

Tal vez el ya aludido fenomenalismo de Mach sea la posición filosóficamente más rica a la hora de listar las evaluaciones críticas de la teoría de Dalton. Frecuentemente insistió en que el átomo no debe ser considerado más que como un signo o función que remite a fenómenos y que los ordena de cierta forma, y que por ello “debe permanecer como una herramienta (*tool*) para representar fenómenos, como las funciones de las matemáticas” (1886:403). De hecho su reduccionismo fenomenalista no se restringía a los aspectos teóricos, sino que se trataba de una tesis ontológica de carácter general. Todos los objetos de la experiencia son meras abreviaturas conceptuales de cierto rango de fenómenos, los que son en última instancia los únicos constituyentes de la realidad. Así que aun cuando se aceptase la existencia de los átomos (concesión a la que él se resistía) éstos no serían diferentes

Mach

a las piedras en cuanto a ser sólo signos mentales que reúnen cierta conjunción de experiencias.

La nueva física que comenzó a tomar forma a partir de principios del siglo XX no decidió la controversia entre mecanicismo y energetismo, de hecho la materia y la energía fueron declaradas equivalentes por la teoría de la relatividad y así fue diluida toda pretensión de prioridad ontológica de una respecto de la otra. Sin embargo, la explicación que Einstein brindara en 1905 sobre el movimiento aleatorio de partículas en un fluido, conocido como *movimiento browniano*, inclinó la balanza en favor de la existencia real de los átomos y las moléculas para buena parte de los actores del debate. Según el artículo, el desplazamiento medio de las partículas podía ser calculado a partir de una constante que representa el número de moléculas que hay en un mol. En la década posterior a su publicación varias investigaciones hallaron valores para esa constante por métodos independientes al ensayado por Einstein, y éstos resultaron sorprendentemente aproximados al original. A menos que tal coincidencia fuera fruto del mero azar, las moléculas, y por tanto los átomos, debían existir. De ello se convencieron tanto Oswald como Poincaré, aunque Mach y Duhem permanecieron siempre escépticos al respecto.

El relativo consenso alcanzado sobre la realidad física de los átomos no cambió la impronta de neutralidad metafísica de la que los filósofos intentaron dotar a la ciencia en aquel momento. Pero la teoría cuántica puso nuevamente bajo la mirada de la comunidad científica una serie de problemas metodológicos y metafísicos que se tenían por superados. Buena parte de la importancia que el debate Einstein-Bohr sobre los fundamentos ontológicos de la teoría cuántica ha tenido para la historia de la ciencia, reside en ser testimonio de la vastedad y profundidad de las discusiones filosóficas que, abiertamente o enmascaradas bajo cuestiones técnicas, acompañaron la marcha de los revolucionarios desarrollos de la teoría cuántica.

La nueva generación de físicos aceptaba de buena gana la realidad de los átomos, para Bohr, por ejemplo:

Las dudas expresadas con frecuencia respecto de la realidad de los átomos eran exageradas, gracias a que el desarrollo del arte maravilloso de la experimentación nos ha permitido estudiar los efectos individuales de los átomos. Con todo, ha sido el reconocimiento mismo de la divisibilidad limitada de los procesos físicos, simbolizada por el cuanto de acción, lo que ha justificado las dudas (...) relativas al alcance de nuestras formas ordinarias de intuición cuando se las aplica a fenómenos

atómicos. Ahora bien, puesto que en la observación de esos fenómenos no podemos despreciar la interacción entre el objeto y el instrumento de medida, de nuevo pasan a primer plano las cuestiones que se refieren a las posibilidades de observación. Así, nos enfrentamos aquí, bajo una nueva luz, al problema de la objetividad de los fenómenos que ha suscitado siempre tanto interés en las cuestiones filosóficas” (Bohr, 1988: 134)

Los problemas ahora se habían trasladado a los procesos microfísicos dentro del mundo atómico, en donde muchos de los conceptos de la física clásica y de la intuición ordinaria (cuyo origen bien puede atribuirse al tratamiento cotidiano con entidades macroscópicas) parecían ya no ser aplicables debido a una serie crecientemente compleja de fenómenos que requirieron (y requieren aún) de una precisa interpretación. El primer problema con el que se toparon los teóricos cuánticos fue la interpretación de la función de onda de Schödinger. Dicha función es una forma de representar el estado físico de un sistema de partículas, y es capaz de adoptar valores complejos en los que aparece la unidad imaginaria. El mismo Schödinger proporcionó una ecuación determinista para explicar la evolución temporal de la función de onda y, por tanto, del estado físico del sistema en el intervalo comprendido entre dos medidas. En un primer término esta ecuación fue interpretada en clave realista por su autor, de acuerdo a la idea de que las partículas podían entenderse como una onda física que se propagaba en el espacio. Pero esta propuesta fue rápidamente abandonada y la función pasó a ser representada en un espacio de Hilbert de dimensión infinita. El problema de cómo entender al correlato físico de la función onda se vincula estrechamente con otro de los problemas centrales de los fenómenos cuánticos: su naturaleza dual, que permite entenderlos alternativamente como ondas o partículas.

Un segundo problema conceptual es el problema de la medición, también conocido como 'colapso de la función de onda'. De acuerdo con la mecánica cuántica, un sistema microfísico se encuentra, respecto de algunas variables que eventualmente podemos medir (la orientación del spin de un electrón) en una serie de estados combinados que son descritos de modo determinista por la función de onda de Schödinger, dicho de otro modo, el sistema evoluciona de modo determinista mediante una suerte de superposición de sus estados posibles. Pero al tomar efectivamente la medida de esa variable, obtenemos un valor único que no es determinado por la función ni por medio alguno, y que sólo puede anticiparse

estadísticamente. Eso es lo que se conoce como 'colapso de la función de onda'. Ese factor de discontinuidad y azar en la medición ha sido fruto de múltiples interpretaciones. La más tradicional, propuesta por los padres de la cuántica, establece una continuidad indisoluble entre el instrumento de medición y la magnitud medida, de modo que fuera del proceso mismo de medición no es posible hablar de atributos objetivos de un sistema microfísico. Los fenómenos observados no pueden ser descriptos fuera del proceso de interacción entre el sistema y el aparato de medición. Esta idea, cultivada primordialmente por Bohr y Heisenberg, ha sido uno de los componentes nucleares de la denominada interpretación de Copenhague (u 'ortodoxa') de la mecánica cuántica, aun cuando algunos años más tarde el segundo de ellos procurara dotar de algún tipo de realidad potencial a los estados cuánticos no medidos, acudiendo a la teoría aristotélica de la potencia. A ella debe adicionarse el principio de incertidumbre que, sumariamente, expresa la imposibilidad de determinar conjuntamente los valores para la posición y el momento de una partícula, ya que nuestro grado de conocimiento de una de esas variables va necesariamente en detrimento de nuestro conocimiento de la otra.

Einstein nunca se mostró a gusto con las implicaciones indeterministas y antirrealistas de la teoría cuántica. Especialmente se preocupó por demostrar que si no podemos adscribir ciertas propiedades a un sistema que no se encuentra siendo medido sino de modo estadístico, entonces la descripción que la teoría cuántica hacía de la realidad no podía ser completa. En otras palabras, podría ser completada por una teoría más expresiva, que aludiera a variables todavía no consideradas. En un artículo publicado en 1935 en colaboración con Boris Podolsky y Nathan Rosen desarrolló un argumento para probar este punto que pronto se bautizó como argumento (Einstein-Podolsky-Rosen). Sintéticamente exponía el hecho de que cuando dos sistemas microfísicos que se encuentran alejados pero que han interactuado en el pasado, las mediciones de la posición o momento en uno de ellos permite inferir el valor que la misma variable tendrá en el otro, aun cuando este no sea efectivamente sometido a una medición. Pero si un sistema tiene valores determinados para sus variables cuando no está siendo medido, y la teoría cuántica no los describe, entonces no es completa. Existen variables ocultas a dicha teoría. Las discusiones en torno al argumento EPR se prolongaron durante el resto del siglo XX y subsisten hoy día, aunque en una forma bastante diferente. Ya desde el momento de su misma formulación se hizo notar que el argumento EPR estaba sostenido en algunos supuestos, entre ellos el de localidad, que eliminaba la posibilidad de que la medición en un sistema afectara a distancia al sistema con el que previamente había interactuado, pero del que luego se encontraba alejado. Los resultados obtenidos por

Bell en 1964 mostraron la imposibilidad de formular una teoría de variables ocultas local, pero lejos de echar por tierra las aspiraciones realistas, esto abrió un nuevo y amplio campo de interpretaciones de la teoría cuántica dispuestas a conservar alguna forma de realismo respecto de los estados cuánticos, a costa de renunciar al postulado de localidad¹; campo que se muestra hasta nuestros días tan concurrido como fructífero.

Las discusiones en torno a las interpretaciones realistas o antirrealistas de la mecánica cuántica no agotaron las disputas filosóficas que dicha teoría inspiró. Fue muy variado el espectro de cuestiones metafísicas a los que el universo cuántico abrió nuevos flancos de debate. Entre ellos quisiera mencionar especialmente la cuestión de la identidad e individualidad de las partículas cuánticas, que tuvo especial influencia en el desarrollo de alguna de las formas de realismo estructural. Una consecuencia casi universalmente aceptada de los postulados de la teoría es que dos partículas podrían compartir todas y cada una de sus propiedades (incluso sus propiedades espacio temporales) y aun así ser consideradas dos partículas diferentes. Esta consecuencia viola abiertamente el principio de identidad de los indiscernibles, que ha sido uno de los pilares sobre los que tradicionalmente se ha sustentado la noción de individuo u objeto. Es por ello que buena parte de las interpretaciones en danza (al menos aquellas que intentan salvar algún grado de realismo) han cuestionado el hecho de que las entidades cuánticas sean individuos u objetos según la definición tradicional, caracterizándolas como no-individuos.

La irrupción en la historia de la ciencia de la teoría atómica y la mecánica cuántica ha propiciado buena parte de las polémicas que hoy son moneda corriente en el debate entre realistas y antirrealistas científicos. Salvando las distancias históricas y las peculiaridades propias de sus pormenores, hay ciertos paralelos que pueden ser trazados. La teoría atómica fue inicialmente recibida como una mera especulación cuyo único mérito era su adecuación empírica: su poder explicativo/predictivo permitía reunir una serie de regularidades conocidas que permanecían virtualmente inexplicadas, pero nadie tomaba en serio la posibilidad de que los átomos tuviesen una existencia real. Sin embargo, y aun cuando ya en los umbrales del siglo XX muy poco quedaba en pie de la original formulación de Dalton, los resultados experimentales terminaron por desplazar la interpretación instrumentalista en favor de un realismo metafísico respecto de las partículas atómicas. Las aporías conceptuales a las que parecen conducir algunos de los postulados fundamentales de la mecánica

¹ Cabe mencionar entre ellas la teoría de variables ocultas no locales de Bohm y la interpretación de los muchos mundos de Everett.

cuántica la han hecho nacer bajo la sombra de una interpretación que, más allá de algunas particularidades, puede ser tenida por instrumentalista. Si bien las interpretaciones no locales han acaparado buena parte de la atención en la segunda mitad del siglo pasado, y aún hoy, sería exagerado equiparar esta tendencia con el vuelco hacia el realismo que tiñó (a) las interpretaciones de la teoría atómica. Sin embargo, sí puede señalarse que tanto en el caso de la teoría atómica como en el de la mecánica cuántica, el arco de evaluaciones filosóficas que suscitaron fue evolucionando desde un antirrealismo de marcada tendencia positivista que pretendía atenerse a los aspectos empíricos de las teorías, hacia la valoración paulatina de los compromisos ontológicos que dichas teorías implican, si no para abrazar una lectura realista, al menos para reconocer la importancia de las cuestiones metafísicas como parte constituyente de la evaluación de una teoría.

Nuevas perspectivas filosóficas

La segunda pieza clave en la construcción del debate contemporáneo entre realistas y antirrealistas corresponde netamente a la filosofía y se relaciona de modo mucho más directo al abandono de las tesis positivistas y la revitalización de las discusiones metafísicas. Consiste de hecho en el rumbo que han tomado las reflexiones filosóficas acerca de la ciencia y su práctica luego del ocaso del positivismo lógico. Nada de lo que pueda decirse en una síntesis tan apretada como la que aquí se presenta puede constituir un análisis valorable del trabajo de los miembros del Círculo de Viena. Me limitaré a señalar algunos matices en su posición respecto de la cuestión central de este trabajo.

Más allá de que la riqueza de las opiniones de muchos de sus exponentes hace dificultoso hablar de una posición unificada, los empiristas lógicos han sido siempre ubicados más cerca de posiciones antirrealistas. A decir verdad, varios de sus desarrollos en semántica (el principio verificacionista del significado en sus distintas versiones, la reducción del vocabulario teórico al observacional, etc.) procuraban constituir una postura más bien neutral respecto de la disputa. Carnap, por ejemplo, había desarrollado una interesante clasificación respecto de las cuestiones que pueden plantearse en el seno de un campo determinado de investigación. Para el filósofo alemán, la aceptación de una teoría implica la adopción de un marco lingüístico que le es propio, en el que pueden definirse sus términos descriptivos y establecerse relaciones diversas a partir de ciertas reglas. Una vez aceptado el marco,

las cuestiones que se pueden plantear a partir de él son de dos tipos: internas y externas². Mientras que las primeras pueden investigarse lógicamente o empíricamente y responderse a partir de las herramientas que el propio marco ofrece, las segundas son meras especulaciones metafísicas sin valor cognitivo. Aceptado el marco de los números naturales tiene sentido preguntar si existe un número primo máximo, se trata de una cuestión interna cuya respuesta debe buscarse mediante el razonamiento matemático, pero si en cambio preguntásemos si existen los números, o si el nueve es una entidad real, estaríamos aventurándonos a una cuestión externa para la que el marco lingüístico que adoptamos no puede tener respuesta. Lo mismo haríamos si indagásemos acerca de la existencia de los átomos: ello tiene sentido como una cuestión interna, pero como problema metafísico es cognitivamente vacío. De ese modo la controversia sobre el realismo científico es reducida a una mera cuestión de formas de hablar, para Carnap

Decir que una teoría es un instrumento de confianza -esto es, que se confirmarán las predicciones de sucesos observables deducidas de ellas- es esencialmente lo mismo que decir de la teoría que es verdadera y que las entidades inobservables de las que habla existen. Así, no hay ninguna incompatibilidad entre la tesis de los instrumentalistas y la de los realistas. (Carnap 1985: 218)³

Pero más allá de su pretendida neutralidad, la resistencia respecto de cualquier compromiso metafísico y, en algunos casos, la adopción explícita del instrumentalismo han acercado al empirismo lógico a una toma de posición más cercana al antirrealismo.

En el abandono de su posición dominante el empirismo lógico dio lugar, a partir de los años sesenta, a múltiples variaciones en el tono y el objeto de la filosofía de la ciencia. Aunque lo heterogéneo de las propuestas hace ardua cualquier clasificación, creo que es posible distinguir dos tendencias bastante bien definidas. Por una parte, un creciente número de filósofos de la ciencia se ocupó de señalar la importancia que la historia y la sociología de la ciencia tenían en la reflexión epistemológica. Su denominador común fue el abandono del normativismo empirista en pos de una

² Véase: Carnap, R. (1950)

³ Esta idea ilustra lo que Psillos (1999) llama la 'tesis fuerte de la compatibilidad' entre el realismo y antirrealismo científico, que Carnap defendió en la primera edición de *The Philosophical Foundations of Physics*, de 1966; posición que -según el mismo Psillos documenta (1999:58)- Carnap abandona en la edición de 1974 omitiendo el párrafo final.

consideración de la ciencia que resaltara sus aspectos prácticos, y su inserción en tanto actividad humana en una compleja red de determinaciones sociales, lingüísticas, culturales, etc. Autores como Hanson, Feyerabend y Goodman han estado a la cabeza de esta corriente, aunque, en parte por la originalidad de sus ideas, en parte porque su expansión ha alcanzado campos muy distantes de la filosofía e incluso de otras disciplinas, el pensamiento de Kuhn ha ejercido más influencia que ningún otro. Tal difusión se ha debido en buena medida al impacto de su tesis de la inconmensurabilidad, una de las más radicales de su propuesta ya que -cuestionando la continuidad semántica, epistémica y metodológica en el desarrollo histórico de la práctica científica- ponía en jaque la noción misma de progreso científico. En el marco de las críticas a (y alegatos en favor de) estas nuevas ideas se han desarrollado muchos de los argumentos hoy clásicos en el debate Realismo vs. Antirrealismo Científicos.

Sm EL

Aunque la variedad de sus indagaciones no haya permitido una identificación inmediata bajo un rótulo común, la salida histórica del positivismo lógico ha dado lugar a otra tendencia filosófica que asumió rápidamente una posición adversa a la incursión del historicismo en epistemología, y en particular a sus consecuencias relativistas. Las banderas del realismo, en versiones más o menos radicales, se levantaron a favor de la racionalidad de la empresa científica, como así también para defender su carácter continuo y acumulativo. El sacrificio de la pretensión positivista de desterrar las cuestiones metafísicas de la filosofía de la ciencia no implicaba el abandono del rigor lógico y empírico del que los padres de la 'concepción heredada' la habían dotado. Karl Popper fue sin dudas uno de los iniciadores y más importantes exponentes de esta corriente. Sellars, el primer Putnam y Bunge fueron continuadores de esta empresa filosófica de las que hoy son herederos autores como Psillos, Kitcher o Niiniluoto.

?

2.2 Variantes del realismo científico

Muchos han sido los intentos de dar con una clasificación lo suficientemente amplia y precisa de las variantes del realismo científico, y todos ellos han sido motivados por una u otra concepción acerca de en qué consiste el debate entre realistas y antirrealistas y cuáles son sus puntos más salientes. La presente propuesta

(inspirada en las taxonomías elaboradas por Kukla y Chakravartty⁴) pretende brindar un mapa general de los distintos campos en los que se ha desarrollado la polémica a fin de hacer inteligible el rol que el realismo estructural vino a jugar en ella.

En una formulación más que preliminar, decidir si uno es o no un realista científico implica cuestionarse si la ciencia nos brinda o no un conocimiento acerca de cómo es el mundo. Ya desde este torpe ensayo queda en claro que esa decisión queda profundamente afectada por nuestros presupuestos acerca del realismo en sentido amplio, como opuesto a alguna forma de idealismo. En principio habría que clarificar si con 'mundo' nos referimos a una realidad independiente de la mente humana, o por el contrario a alguna clase de constructo ontológicamente dependiente de los sujetos, culturas o sociedades. En buena parte de los casos los cuestionamientos o defensas del realismo científico dan por sentado un realismo en sentido amplio. Es cierto, de todos modos, que algunas formas de relativismo o constructivismo social han tenido algún tipo de influencia en el debate, abonando la idea de una ciencia que no se aboca a la investigación objetiva sobre algo así como 'los hechos en sí mismos'. Sin embargo, creo que su ingerencia en la controversia es relevante para el presente trabajo en que dichas posiciones cuestionan la existencia de las entidades inobservables postuladas por la ciencia, y no tanto por su concepción de la realidad como una totalidad cultural o socialmente construida (o relativa). En tal sentido se hacen patentes dos aspectos esenciales que fundan esta caracterización del realismo científico. En primer lugar, que pese a que el grado de compromiso ontológico que se tenga respecto de la realidad en general es relevante para el realismo científico en particular, éste será entendido en el marco del presente trabajo como una cuestión que atañe principalmente al mundo inobservable. En segundo término, y como una consecuencia obvia de ello, que -contrariamente a lo que algunos han afirmado- la distinción entre los aspectos observables e inobservables del mundo es tan relevante para el realista como para el antirrealista. VER ?

Otro punto preliminar que ha de contemplarse consiste en si se formulará una definición de lo que constituya una mirada realista respecto de la ciencia en términos de logros o de pretensiones. Algunas de las definiciones tradicionales del realismo científico refieren a que la ciencia nos brinda un relato verdadero (o aproximadamente verdadero) sobre el mundo. Otras ponen el acento en que los términos pertenecientes a nuestras mejores teorías que aluden a entidades inobservables, refieren. Esos caminos no son los únicos para caracterizar el realismo, pero lo relevante es que la verdad o la referencia son tratadas como logros más o menos acabados de la ciencia

⁴ Véase: Kukla (1998) y Chakravartty (2007)

actual. Otros han preferido una caracterización más débil (según algunos, demasiado débil⁵) en términos de pretensiones. Van Fraassen propone la siguiente formulación del realismo científico: "La ciencia *pretende* darnos en sus teorías un relato literalmente verdadero acerca de cómo es el mundo; y aceptar una teoría científica implica la creencia de que ella es verdadera." (1980:8)⁶. Si bien las motivaciones centrales de este trabajo son independientes de una caracterización del realismo científico en términos de logros o pretensiones, se tomará como base la primera, por ser la más difundida y la que subyace a la mayoría de las posiciones que toman partido en el debate.

Como ya ha quedado de manifiesto, si bien existen múltiples formas de caracterizar al realismo científico, todas ellas gravitan en torno al grado y tipo de conocimiento que la ciencia nos brinda del mundo, principalmente acerca de sus aspectos inobservables. Pero pese a esa primacía de las entidades inobservables en la cuestión del realismo científico, el tipo de compromisos metafísicos que se esté dispuesto a asumir en relación con la cuestión más amplia del realismo en general puede, como ya se ha señalado, ser relevante para la articulación de algunas posiciones realistas o antirrealistas. Es por ello que previo a desarrollar las tres dimensiones de análisis que la taxonomía ofrecida en el presente trabajo requiere, se expondrán tres niveles en el grado de compromiso ontológico que pudiera asumirse en relación a la cuestión del realismo en general:

Nivel 1: Datos de los sentidos

Nivel 2 (a): Objetos macroscópicos / objetos del sentido común

(b): Entidades inobservables

Nivel 3: Entidades abstractas

En primer lugar, podría uno optar por un realismo respecto de los datos sensoriales, que no se aventure a compromisos ulteriores con la existencia de objetos, estructuras, relaciones causales o modales ni nada que vaya más allá del flujo de los fenómenos. En ese primer nivel de compromiso podrían ubicarse a posiciones fenomenalistas como las de Mach y la de los primeros positivistas lógicos (antes de su giro fisicalista), y a las tesis de Quine y de Hume, al menos atendiendo a su interpretación tradicional. Por otra parte, y arribando a un segundo nivel, podríamos

⁵ Véase: Kitcher 1993:150

⁶ El énfasis en mío.

comprometernos con la existencia de un mundo exterior, de un universos de objetos físicos, estructuras que trasciendan el plano meramente fenoménico. Constituye casi una obviedad destacar que la articulación de este nivel de compromiso puede observar las variaciones más diversas, de hecho buena parte de la historia de la filosofía puede contarse a través de las modulaciones que este segundo nivel ha tenido. Pero en lo que respecta a las pretensiones de estas páginas el foco estará puesto en lo que podríamos denominar 'objetos del sentido común' tales como sillas o piedras, y entidades inobservables como electrones o campos magnéticos. Sin embargo, como ya he sugerido antes, la distinción entre entidades observables e inobservables es crucial para trazar los límites del debate. Es por ello que dentro de este nivel cada tipo de entidades ocupa un sub-nivel específico, y es precisamente en el ámbito de los compromisos con los aspectos inobservables del mundo exterior en el que la contienda entre realistas y antirrealistas tiene lugar, ya que, en general, ambos suelen aceptar la existencia de objetos macroscópicos o del sentido común. En último lugar podemos ubicar el compromiso ontológico con entidades abstractas tales como números, clases, modalidades o proposiciones. Aunque no a todas les convenga de igual modo, a las posiciones que han adoptado compromisos correspondientes a este tercer nivel se les suele asignar el rótulo de 'platonistas'.

Si bien el entramado de las opiniones filosóficas guarda una basta diversidad en la que puedan hallarse notables excepciones, la adopción de cada uno de estos niveles parece presuponer, en la mayoría de los casos, el compromiso con los niveles anteriores⁷: quién está dispuesto a aceptar clases o modalidades objetivas en su ontología difícilmente rechaza la existencia de átomos, piedras o fenómenos; mientras que aquél que acepta la existencia de entidades inobservables suele dar por sentada la de los datos de los sentidos.

Con las advertencias ya formuladas, la disputa entre realistas y antirrealistas tiene lugar en el segundo nivel de la gradación de compromisos presentada, entre quienes aceptan tanto (a) como (b), i.e., los realistas científicos, y los que aceptan solamente (a), sea porque nieguen (b), sea porque prefieran solamente evitar el compromiso sin pronunciarse al respecto. Sin embargo con esta clasificación no hemos hecho mucho más que marcar los límites del campo de batalla, ya que si bien

⁷ Entre algunas de las excepciones podrían mencionarse las siguientes: la posición que Putnam ha denominado Realismo Directo (véase: Putnam (2000)) adopta un compromiso con el nivel 2 (hasta donde entiendo sus argumentos, también con el 3) pero rechaza el nivel 1, entendiéndolo que no hay datos sensoriales, estimulaciones nerviosas ni ninguna otra 'interfaz' que medie entre los objetos y nuestra captación de ellos. Por otra parte una interpretación (tal vez simple) pero popular de Platón lo ubica en el tercer nivel de compromiso, pero negando los dos anteriores, ya que las únicas entidades que gozan de realidad son las Ideas. En tal sentido cabe destacar que lo que usualmente se denomina como posiciones 'platonistas' no excluye el compromiso con los niveles 1 y 2, como si parece hacerlo el auténtico platonismo.

es un punto relevante qué niveles de compromiso corresponden a realistas y antirrealistas, buena parte del interés filosófico de la disputa radica en los tipos de compromiso que se adoptan en cada nivel para sustentar una u otra posición. Por ejemplo, uno podría comprometerse en cierto sentido especial con (b) y ser aun un antirrealista científico. Eso se debe a que la cuestión del realismo científico se despliega en realidad sobre tres dimensiones diferentes, que pueden ser expuestas a través de tres preguntas fundamentales que deberían responderse a fin de tomar partido en la cuestión del realismo científico.

La primera de ellas es *ontológica*: ¿existe una realidad independiente de la mente? Como pregunta en general nos devuelve la discusión en torno al realismo como opuesto al idealismo, al constructivismo social o a ciertas formas de neo-kantismo. Sin embargo, en particular, puede ser respondida de manera independiente en cada uno de los tres niveles de compromisos metafísicos. Como hemos restringido la cuestión del realismo científico al nivel 2(b), la *pregunta ontológica* puede reformularse cómo: ¿existen (como una realidad independiente de la mente) las entidades inobservables postuladas por la ciencia? Esta es la pregunta capital para tomar posición en el debate. Una respuesta afirmativa o negativa daría como resultado, respectivamente, un realismo o un antirrealismo metafísico. Y si bien se verá a continuación que las tres dimensiones del debate dan lugar a diversos matices, es sobre esta antinomia que los realistas y antirrealistas científicos cierran filas, ya que, como he sugerido en la introducción, a pesar de las vetas ésta es una controversia de orden metafísico.

La segunda pregunta es *semántica*: ¿deben las teorías científicas ser interpretadas literalmente? Esto es, ¿debemos considerar que sus enunciados tienen valores de verdad? Una respuesta afirmativa corresponde a un realismo semántico, mientras que una negativa se asocia fuertemente al instrumentalismo. Con la restricción al nivel 2(b) a la que ya se ha aludido -y dando por sentada una actitud realista hacia 2(a)- debemos preguntarnos si los enunciados que hacen alusión a entidades inobservables refieren, o deben ser interpretados de un modo no literal (por ejemplo, como meros instrumentos de cálculo). Debe notarse que posiciones como el fenomenalismo de Mach no harían ninguna diferencia entre los niveles 2 (a) y (b), ya que ningún enunciado debe ser interpretado literalmente, sino como refiriendo abreviadamente a un cierto rango de fenómenos. Por otra parte, la adopción del realismo semántico no debe identificarse con la del realismo científico: el empirismo constructivo acepta que las teorías deben ser interpretadas literalmente, aunque permanece agnóstico respecto de la existencia de las entidades inobservables. Dicho de otro modo, mientras que respondería afirmativamente a la *pregunta semántica*, se

abstendría de dar respuesta a la *pregunta ontológica*.

Por último, una *pregunta epistemológica* podría formularse como sigue: ¿tenemos conocimiento del mundo? Nuevamente esta pregunta puede restringirse al nivel 2(b) para ser conducida a los límites del debate. El realismo científico más fuerte respondería a ésta -como a las dos preguntas anteriores- afirmativamente, mientras que el antirrealista lo haría por la negativa, o se abstendría de responder.

Es de suma importancia notar que a diferencia de las preguntas ontológica y semántica, la epistemológica admite consideraciones de grado. Poco sentido tendría hacer interpretaciones literales parciales de los enunciados que refieren a inobservables, y en cualquier caso la interpretación selectiva debería ser justificada mediante un criterio que no podría ser tan sólo semántico. ¿En que sentido criterios gramaticales, morfológicos, lingüísticos, lógicos, etc. podrían determinar que el término 'electrón' refiere a un electrón, mientras que 'onda' no refiere a una onda sino que es un mero signo para el cálculo predictivo? Lo mismo ocurre con cualquier limitación de los compromisos metafísicos a la existencia de ciertas entidades en particular, con el agravante de que cualquier compromiso ontológico con entidades inobservables, por limitado que éste sea, lo pone a uno en el barco de los realistas metafísicos. La cuestión epistemológica es en cambio susceptible de ser relativizada. No sólo porque determinar lo que *conocimiento* significa resulta una cuestión más espinosa que hacer lo propio con *existencia* o *interpretación literal*, sino porque, aún limitándonos a una definición ingenua, el conocimiento admite múltiples focalizaciones según convicciones metafísicas previas. Esta posibilidad ha dado lugar a ciertas variantes particulares del realismo científico. El *realismo de entidades*, por ejemplo, sostiene un compromiso metafísico hacia las entidades inobservables, pero restringido a aquellas que pueden ser manipuladas o utilizadas de algún modo para intervenir en algún otro fenómeno. Es decir, el realismo metafísico debe quedar limitado por el grado de conocimiento que tenemos sobre el mundo inobservable, conocimiento que queda atado a las capacidades técnicas de manipulación de algunas entidades⁸. Otra de las variantes que se desprenden de la cuestión epistémica es la que ocupa el interés central de estas páginas, el *realismo estructural*. Si nuestro conocimiento del mundo inobservable se limitase a sus aspectos estructurales, el compromiso realista debería quedar restringido a dichos aspectos, permaneciendo agnóstico respecto de cualquier descripción de la naturaleza de procesos, propiedades o entidades inobservables.

⁸ Véase: Hacking (1982; 1983)

2.3 Argumentos

2.3.1 El argumento del no-milagro

El argumento del no-milagro (ANM) recoge una fuerte intuición presente en mayor o menor medida en toda actitud realista que históricamente se haya tenido hacia la ciencia, y, en parte por ello, se ha convertido en el arma de mayor peso para los realistas científicos. Su formulación más acabada se debe a Putnam (1975:73; 1978), para quien el realismo es “la única filosofía que no hace del éxito de la ciencia un milagro”. El argumento tiene como piedra de toque el éxito predictivo y técnico de la ciencia, cuestión que pese a las múltiples y diversas resistencias que el realismo ha tenido desde la segunda mitad del siglo XX, no ha sido seriamente discutida por la mayoría de los antirrealistas. Aceptada entonces la premisa de que la ciencia es exitosa, el argumento incorpora una segunda premisa que, a diferencia de la primera, ha suscitado las más variadas críticas: la mejor explicación de ese éxito es que las teorías sean verdaderas (o aproximadamente verdaderas, o que describan adecuadamente a las entidades, leyes, estructuras propias del mundo). De ambas premisas se infiere que deberíamos adoptar una actitud realista hacia las teorías.⁹ La alternativa a la explicación que tiene por verdaderas (o aproximadamente verdaderas, etc.) a las teorías para dar cuenta del éxito de la ciencia, es la que lo asume como un hecho milagroso, por lo cual la elección es obvia.

La fuerza intuitiva de este argumento ha sido atacada desde varios frentes. Se ha sostenido que el éxito de la ciencia tal vez requiera en realidad de ninguna explicación; en esa línea se ha comparado a las teorías con organismos bien adaptados: las teorías que sobreviven son las más exitosas (van Fraassen (1980), Wray (2010)). Sin embargo, la debilidad de esa analogía reside en que si no se considera a las teorías en general, sino a una en particular, su éxito –tal como la supervivencia de un organismo particular- debería ser explicado a partir de ciertas características propias de esa teoría, siendo la verdad nuevamente un fuerte candidato. Pero más allá del alcance de la analogía, el mismo van Fraassen ha mostrado reparos respecto de la idea genérica de explicación, cuestionando el modelo de cobertura legal Hempeliano en favor de una visión pragmática que relativiza tanto la importancia, como lo que en ciertos contextos pueda constituir una explicación de

⁹ Distintas formulaciones de este argumento pueden hallarse en Boyd (1989), Lipton (1994), Psillos (1999) y Lyons (2003).

algún fenómeno. Otra estrategia para socavar la plausibilidad del ANM ha consistido en imputarle ser un caso de la llamada Falacia de Tasa Base (Base Rate Fallacy). Si se implementara una prueba para detectar una enfermedad que no tiene falsos negativos, pero sí falsos positivos en uno de cada diez casos (es decir, de cada diez personas sanas que se someten al test una obtiene un resultado positivo), podría preguntarse cuál es la probabilidad que un individuo que dio positivo en la prueba tenga efectivamente la enfermedad. Una respuesta inmediata podría ser que tiene el 90% de probabilidad de estar infectado, pero sin embargo esa respuesta es incorrecta, ya que la probabilidad real depende de la incidencia de la enfermedad en el total de la población. Si se tratase de una patología sumamente rara la probabilidad podría estar por debajo del 1%. Si se toma el éxito de las teorías como un indicador de su verdad aproximada, el argumento del no milagro podría ser una instancia de dicha falacia, en tanto no existe forma de conocer la tasa base de teorías aproximadamente verdaderas. Contrariamente, Worrall (2009) ha mostrado que esta objeción depende de una mala formalización en términos de probabilidades que no es propia del argumento. Como queda patente en la formulación de la segunda premisa del argumento, éste depende en buena medida de un tipo de razonamiento que suele denominarse abductivo, o inferencia a la mejor explicación (IME), según la expresión introducida por Gilbert Hartman. Sumariamente, supóngase que tenemos la evidencia E y estamos considerando varias hipótesis, digamos H y H1. La regla dice que debemos inferir H más bien que H1 precisamente si H es una mejor explicación de E que H1. Dada esta profunda vinculación, las objeciones hacia la IME como forma genérica de razonamiento se han constituido en críticas al realismo científico. Volveré sobre algunas de ellas al considerar la IME en relación a la respuesta realista al argumento de la meta-inducción pesimista.

2.3.2 La meta-inducción pesimista

Más allá de la batería de objeciones alzadas contra el ANM, es claro que la convicción de los realistas científicos descansa en gran medida en la poderosa intuición que éste encarna. Es quizás en razón de ello que, atendiendo a su fuerza persuasiva, se tenga como su contrapartida antirrealista por excelencia al argumento de la meta-inducción pesimista (MIP). Pese a que contradice la conclusión de su rival realista, sus bases no son tanto de orden conceptual como empíricas: la historia de la ciencia brinda un vasto reservorio de teorías que a la luz de los compromisos

presentes son consideradas falsas. Pero no sólo eso, dichas teorías fueron en su tiempo empíricamente adecuadas. Es entonces ese catálogo de teorías falsas y exitosas el que se toma como base para inferir inductivamente (mediante una enumeración) que cualquier otra teoría empíricamente adecuada (incluyendo, por supuesto, a las actuales) será considerada falsa en algún momento. La misma conclusión puede expresarse en clave semántica u ontológica sosteniendo que nuestras mejores teorías fallarán sistemáticamente en la referencia de sus términos teóricos (dicho más propiamente, los términos que pretendan aludir a entidades inobservables) al igual que las teorías previas, o que la ontología que propongan será reemplazada tal como fueron reemplazadas las ontologías pasadas. Si bien las bases de este argumento se han sugerido en los trabajos de Poincaré (1905) y Putnam (1978) la discusión contemporánea se enfoca fundamentalmente en la formulación de Laudan (1981), quien enfatiza el fenómeno de la discontinuidad referencial a través del cambio teórico como base para la conclusión pesimista.

La estrategia más frecuente para responder a esta objeción, que ha hecho hincapié precisamente en este aspecto semántico a fin de reducir la base de la inducción, tiene una estrecha vinculación con una de las intuiciones realistas más mentadas: la continuidad del conocimiento científico. El objetivo ha consistido en mostrar que la discontinuidad referencial en el vocabulario teórico no es tal, por el contrario existe un sustancial solapamiento referencial en buena parte de las teorías que aunque exitosas, fueron reemplazadas luego por otras. Dicho de otro modo, el pretendido repertorio de teorías que se mostraron empíricamente adecuadas pero que resultaron falsas es en el mejor de los casos una clase sumamente acotada, ya que las teorías que alguna vez ostentaron éxito predictivo eran en realidad aproximadamente verdaderas, seguramente lo eran menos que sus sucesoras, pero en modo alguno se trataba de teorías falsas. Pese a los esfuerzos formales y conceptuales, la noción intuitiva de verdad aproximada se ha mostrado escurridiza para los sucesivos intentos de elucidarla, y parece lejana la posibilidad de un acuerdo acerca de cuál es la estrategia adecuada para hacerlo¹⁰. Algo semejante acontece en el campo de la referencia. La cuestión de encontrar una teoría de la referencia adecuada a los intereses del realista científico –preservar cierta continuidad referencial en el vocabulario teórico a lo largo de la historia de la ciencia- ha sido especialmente espinosa.

¹⁰ Un interesante y completo intento al respecto puede encontrarse en Niiniluoto (1987; 1998; 1999).

2.3.3. La subdeterminación de la teoría por los datos

Otro de los desafíos centrales para el realismo ha sido un argumento concerniente a la justificación de las teorías cuya historia se remonta hasta el siglo XIX, más precisamente a la obra de Duhem (1906), quien reflexionando sobre el modo en que se justifican los enunciados que componen las teorías físicas sostuvo que su contrastación no se efectúa aisladamente, sino conjuntamente con todo una serie de asunciones auxiliares. Es por ello que ante un resultado negativo es sumamente complejo identificar qué partes de ese conjunto cargan con el peso del fracaso. La historia de la filosofía ha puesto estas ideas en estrecha relación con el holismo de la confirmación de Quine, para quién la experiencia no confirma ni refuta ninguna hipótesis individualmente, sino siempre la totalidad de nuestro cuerpo de creencias¹¹. Así, diferentes configuraciones de ese cuerpo de creencias son todas compatibles con la experiencia disponible. La frecuencia con la que esas ideas han sido narradas como parte de una misma historia han hecho popular el nombre de 'tesis Duhem-Quine'. En el debate contemporáneo sobre el realismo científico la posibilidad de que cuerpos alternativos de creencias se acomoden con igual eficacia a la experiencia se ha transfigurado en la idea de que es posible que existan dos teorías lógicamente incompatibles, -i.e. no podrían ser ambas verdaderas- pero empíricamente equivalentes -i.e. que tienen el mismo conjunto de consecuencias observacionales-. Si este fuese el caso, no habría razones empíricas para pensar que una de ellas tenga más posibilidades de ser verdadera que la otra, es decir, la elección estaría *subdeterminada* por la evidencia. De hecho, van Fraassen ideó un algoritmo que permite crear, a partir de una teoría dada, un conjunto infinito de teorías incompatibles pero empíricamente equivalentes a ella, lo que según el filósofo holandés es suficiente para mostrar el hiato que existe entre adecuación empírica y verdad.

Dos han sido caminos más frecuentes que se han seguido para tratar de relativizar el impacto del argumento sobre las tesis realistas y los resultados de van Fraassen. Uno de ellos se centra en la distinción entre la subdeterminación como una posibilidad lógica, o una consideración *a priori*, y la subdeterminación como dada en la práctica real de la ciencia. Mientras que los argumentos como el de van Fraassen son meros artilugios lógicos para producir equivalentes empíricos, la historia real de la ciencia muestra que en las escasas ocasiones en las que resultó factible hablar de una elección entre teorías subdeterminadas, el desarrollo empírico y técnico de la ciencia

¹¹ William James ha sostenido una tesis semejante. Véase James (1979 [1907])

ha terminado por decidir la cuestión. La subdeterminación de la teoría por los datos es una mera posibilidad lógica que deja incólume a la práctica científica real. El otro camino consiste en la afirmación de que los datos empíricos no son el único factor relevante para la elección teórica vinculado con la verdad. Si bien han sido múltiples los intentos de listar virtudes no empíricas de las teorías, la mayoría de ellas gravita en torno a la noción de poder explicativo. De ese modo, aun cuando haya equivalentes empíricos para una teoría, la subdeterminación podría quebrarse si la superioridad explicativa de una de ellas contase como evidencia a favor de su verdad (Laudan & Leplin, 1991). Si bien por motivos diferentes a los ya considerados, esto hace que la IME sea nuevamente uno de los pilares de la defensa realista, en tanto la teoría que constituya la 'mejor explicación' de los datos disponibles será la privilegiada. La primera dificultad señalada por los críticos a este respecto consiste en determinar con precisión las virtudes no empíricas que hacen de una explicación, una buena explicación. La segunda señala que aun cuando esto pudiese conseguirse, ser la mejor explicación de la evidencia empírica dentro de un rango de teorías disponibles no necesariamente se vincula con ser una teoría verdadera. Ya que, como apunta van Fraassen (1989:143) la mayoría de las infinitas teorías que lo hacen son falsas, y puesto que las teorías disponibles son limitadas, la más saliente de ellas podría ser 'la mejor de un mal lote'. De hecho es altamente probable que lo sea. Una de las posibles salidas realistas a este desafío requiere hacer uso de alguna distinción en la dimensión epistémica de realismo, aduciendo que incluso la mejor de un mal lote de teorías podría describir satisfactoriamente alguno de los aspectos del mundo inobservable. Esta estrategia ha quedado plasmada en la distinción que Kitcher traza entre *propuestas activas* (los supuestos referentes de términos que aparecen en esquemas que resuelven problemas) y *propuestas presuposicionales* (las entidades que al parecer tienen que existir si las aplicaciones de los esquemas han de ser verdaderas), y a partir de la cual concluye que "la moraleja de la historia de Laudan no es que las propuestas teóricas en general no sean de fiar, sino que las propuestas presuposicionales son sospechosas" (1993:210). En pocas palabras, aun una teoría falsa puede incluir instancias de términos que refieren adecuadamente, y es el hecho de que esas instancias son recogidas por teorías posteriores lo que explica su creciente éxito predictivo.

Esa misma estrategia es la que impulsó a Worrall a contestar la MIP distinguiendo, ya no entre instancias de términos que refieren o no exitosamente, sino entre el contenido y la estructura del mundo inobservable descrito por las teorías. De ese modo, muchas de las teorías que hoy consideramos falsas pueden haber reflejado ademadamente ciertos aspectos estructurales del mundo, aun cuando hayan errado

acerca de su contenido. Esta propuesta ha abierto toda una serie de debates que son el foco de interés de este trabajo, que es sin dudas deudor del original aporte de Worrall. Sin embargo, sus raíces conceptuales se remontan hasta los orígenes de la epistemología moderna y su riqueza anticipa buena parte de las aristas que la temática presenta hoy día. Es por ello que previo a abordar conceptualmente la cuestión del Realismo Estructural es preciso emprender una revisión detenida de su historia.

3. Realismo Estructural: una aproximación histórica

3.1. Los orígenes de la tradición estructuralista

Las variantes del realismo estructural que son objeto de indagación para estas páginas se insertan en el debate contemporáneo sobre el realismo científico cargando el peso de un impulso histórico que las excede por mucho y que bien podríamos llamar 'tradición estructuralista'. La variedad de formas que ésta ha tomado y la debilidad con la que sus primeros compases han sonado en la historia hace complejo brindar una caracterización unívoca. Baste decir simplemente que dicha tradición ha conducido al análisis epistemológico a poner el foco sobre las relaciones existentes en el mundo natural (observable y, fundamentalmente, inobservable) más que en la naturaleza de aquellas entidades o propiedades que guardan esas relaciones.

John Worrall (1989) -quien ha introducido explícitamente la expresión 'realismo estructural' y a partir de cuyo artículo se han desplegado las discusiones contemporáneas sobre el tema- sostiene que debemos buscar los orígenes de la tradición estructuralista en la obra de Poincaré. McMullin (1990) prefiere enfatizar el rol crucial de Duhem en el trazado de los lineamientos fundantes del estructuralismo. Ambos, sin embargo, destacan a Russell como el primero en ofrecer una posición completa y articulada que sin anacronismos pueda ser cabalmente tenida por un realismo estructural. Sin dudas estos tres autores han sido antecedentes cruciales e ineludibles para el estructuralismo contemporáneo, y no hay crónica histórica que dude de ello. Sin embargo recientemente se ha procurado indicios de esta tradición más allá de ellos, en lo que constituiría algo así como la prehistoria de la tradición estructuralista. Para van Fraassen (1997) el surgimiento de las geometrías no euclidianas fue un indicio de un cambio de actitud respecto de las representaciones del mundo físico, a partir del que se comenzó a admitir que no existía una manera privilegiada de representar el espacio y el mundo físico en general. En un trabajo más reciente, van Fraassen (1999) ha defendido la idea de que los antecedentes del realismo estructural pueden encontrarse ya en el siglo XVII, en el rumbo que ha

marcado la teoría newtoniana. Afirma que el hecho de que dicha teoría haya terminado por adoptar descripciones sumamente abstractas y matemáticamente complejas del mundo físico ilustra el impulso de una tendencia 'estructuralista', como opuesta a una de 'reificación'. Mientras que esta última tiende a una interpretación ingenua y más bien literal de lo que en una teoría se propone, a medida que el andamiaje teórico se va complejizando y alejando de las representaciones intuitivas, se comienza a intentar capturar la realidad en sus aspectos más abstractos o matematizables.

↑
+xx

3.2. Los pilares del realismo estructural

Poincaré

Toda una tradición en el comentario filosófico ha hecho que el nombre de Poincaré sea asociado casi de manera automática al convencionalismo. Con todo, una nueva línea de interpretación, en la que se encuentran Worrall (1989; 1994), Zahar (1996; 2001), Psillos (1995; 1999), Barry Gower (2000), pretende catalogarlo como el primer exponente del realismo estructural epistémico (REE), es decir, como el primero en sostener que el conocimiento que las teorías aportan sobre la realidad se limita a las relaciones existentes entre los componentes del mundo físico (i.e. a la estructura que éstas establecen) dejando fuera toda descripción acerca de la naturaleza de esos componentes. La mencionada línea de interpretación no ha dejado de mencionar la influencia que la filosofía kantiana ejerció sobre Poincaré. Para el científico y filósofo francés, Kant era en efecto una pieza fundamental en la comprensión del conocimiento en general, y de la ciencia en particular. Pero, contrariamente a las enseñanzas de su referente, Poincaré pensaba que las *cosas en sí* eran al menos en cierta medida cognoscibles, ya que las identificaba con las entidades inobservables de las que la ciencia habla, aquellos objetos no fenoménicos que son responsables de la experiencia. Ahora, ¿qué tipo de conocimiento podemos esperar tener de las *cosas en sí*? Según él, "el objeto de la ciencia no son las cosas en sí mismas, como los dogmáticos en su simplicidad imaginan, sino las relaciones entre las cosas; fuera de esas relaciones no hay nada cognoscible."([1905]1952: xxiv) Otro punto que los comentaristas han coincidido en señalar es que la motivación principal para el estructuralismo de Poincaré no reside en emprender una reconstrucción conceptual o

normativa de la práctica científica, sino una interpretación de sus fundamentos epistémicos que haga justicia a la historia de la ciencia. Tal como ésta caía bajo su mirada presentaba dos aspectos antagónicos, que no son más que las mismas intuiciones que en nuestros días condujeran a los argumentos del no-milagro y la MIP. Por una parte, lo que vemos es que “las teorías duran solamente un día, y las ruinas se acumulan sobre ruinas”, pero sin embargo “hay algo en ellas que usualmente sobrevive. Si una de ellas nos enseña una relación verdadera, esta relación está adquirida definitivamente, y será encontrada nuevamente bajo un nuevo disfraz en las teorías que sucesivamente vengán a regir en lugar de la antigua.” ([1913]1946: 351). Aquello que para Poincaré garantiza la unidad del conocimiento científico a lo largo del cambio teórico es el hecho de que éste describe exitosamente las relaciones reales que las entidades inobservables mantienen. Esta actitud queda magistralmente ilustrada en su análisis del pasaje de la teoría ondulatoria de Fresnel a la teoría electromagnética de Maxwell.

La teoría de Fresnel permite hacer esto [predicciones de fenómenos ópticos] tan bien como se hacía antes del tiempo de Maxwell. Las ecuaciones diferenciales son siempre verdaderas (...) ellas expresan relaciones, y si esas ecuaciones permanecen verdaderas, es porque esas relaciones conservan su realidad. Ellas nos enseñan ahora, como lo hicieron entonces, que existe tal y cual relación entre esta cosa y aquella; solamente que aquella cosa que entonces llamábamos movimiento; la llamamos ahora corriente eléctrica. Pero esos son meramente nombres para las imágenes con las que sustituimos los objetos reales que la Naturaleza esconderá por siempre a nuestros ojos. ([1905]1952: 160-1)

Queda de manifiesto que sin bien los cambios sucesivos de ontología son buenas razones para suponer que las teorías no nos proveen de un conocimiento acerca de la naturaleza de las entidades del mundo físico, la continuidad en las ecuaciones debe interpretarse como la adquisición acumulativa de un conocimiento acerca de las relaciones que esas entidades guardan, en otros términos, de la estructura de ese mundo. Poco hay que añadir a esas ideas para obtener las formulaciones contemporáneas del REE.

Duhem

Al igual que Poincaré, Duhem ha sido fuertemente y por muchos motivos asociado al convencionalismo, su proximidad teórica con las tesis holistas de Quine fue uno de ellos. Worrall (1989), Chakravarty (1998), Gower (2000), y Zahar (2001) lo proponen sin embargo como un precursor del realismo estructural, pese a que casi unánimemente reconocen que los pasajes en los que esa tendencia se manifiesta deben ser seleccionados entre muchos otros que lo filiarían claramente al instrumentalismo. Una distinción capital en la obra de Duhem ha señalado que toda teoría tiene una parte *explicativa* y otra *representativa*. Según él, la parte *explicativa* es aquella que pretende capturar la realidad que subyace a los fenómenos, es decir, el mundo inobservable; mientras que la *representativa* se ocupa de clasificar las leyes que describen regularidades. Estas dos partes guardan una relación de dependencia, ya que la explicativa es parasitaria respecto de la representativa, todo el éxito empírico de una teoría se funda en su aspecto representativo, del cual el explicativo depende. La cuestión reside entonces en cuál es el rol epistemológico que esta parte representativa tiene. Si se tratase de meras herramientas de cálculo para la derivación de predicciones, la posición de Duhem sería claramente instrumentalista. Si se tratase de un conjunto de descripciones verdaderas del mundo fenoménico (es decir, de consecuencias observacionales exitosas) que articulan con un aparato explicativo que lo trasciende, pero con el cual el científico no tiene por qué comprometerse, bien podría pensarse que esta posición anticipa el estructuralismo empirista de van Fraassen. Si en cambio se pensase que la faz representativa de las teorías está en las relaciones entre entidades cuya naturaleza permanece oculta, entonces las pretensiones de acercarse a Duhem a la tradición estructuralista son fundadas. El siguiente pasaje sugiere esa posibilidad:

"estamos convencidos de que ellas [las relaciones empíricas postuladas por las teorías] corresponden a relaciones similares entre las sustancias mismas, cuya naturaleza permanece profundamente escondida pero cuya realidad no parece dudosa." ([1914]26)

} NO

De todos modos, como ya se ha anticipado, las interpretaciones rivales encuentran apoyo similar en otras partes de su obra.

Russell

Ha sido Bertrand Russell el primero en ofrecer una posición completa y articulada que merezca el nombre de realismo estructural, en este caso en su versión epistémica. Los primeros trazos de esa posición pueden ser encontrados en su obra *The Problems of Philosophy* (1912), en la que desarrollando un proyecto epistémico fundacionista que toma como base a los datos sensoriales para la construcción del conocimiento, desarrolla la idea de que esos datos son en realidad causados por objetos físicos, pero dejando de manifiesto su compromiso con una versión epistémica del realismo estructural Russell afirma que respecto de esos objetos físicos sólo podemos conocer sus relaciones: "podemos conocer las propiedades de las relaciones requeridas para preservar la correspondencia con los datos sensoriales, pero lo que no podemos saber es la naturaleza de los términos entre los cuales esas relaciones ocurren" (1912, 15-16)

En su obra *The Analysis of Matter* (1927) Russell redondea esta posición convirtiéndola en un capítulo de un extenso desarrollo en el que pretende brindar una reconstrucción de la ciencia en general, y de la física en particular, a partir de una teoría causal de la percepción. Nuevamente son los datos de los sentidos los únicos objetos directos de conocimiento empírico, a partir de los cuales inferencialmente podemos conocer algo acerca de aquellos factores no sensoriales que los causan. En el marco de la prudencia de Russell se deja de hablar de 'objetos físicos' para tratarlos como las 'causas externas de la percepción'. En cualquier caso, respecto de lo único que podemos arribar a un conocimiento completo, que incluya la naturaleza intrínseca de su objeto, es respecto de los perceptos, pero no de sus causas. Para delinear esta posición se vale de dos principios básicos. El primero de ellos ha sido posteriormente bautizado por Psillos (1999) como el Principio Helmholtz-Weyl (H-W), dice que "asumimos que diferentes perceptos tienen diferentes *stimuli*" (255), es decir, que diferentes efectos (perceptos) implican diferentes causas. El segundo es el Principio de Reflexión de las Relaciones (RR), y afirma que las relaciones entre perceptos reflejan (i.e. tienen las mismas propiedades matemáticas que) las relaciones entre sus causas no perceptuales. Lo que se desprende de la operación conjunta de estos dos principios es que si bien no pueden ser conocidas las naturalezas intrínsecas del mundo físico, se puede en gran medida inferir su estructura a partir de la estructura de

nuestras percepciones. Más precisamente, los principios garantizan que la estructura del mundo físico es isomórfica respecto de la estructura de nuestra percepción. Pero dado que el isomorfismo estructural es el límite para nuestro conocimiento de las relaciones que tienen lugar en el mundo físico, lo único que podemos saber es que éste tiene al menos una estructura de relaciones isomórfica respecto de la estructura de la percepción, es decir, nuestro conocimiento del mundo externo se agota simplemente en aquello que puede ser garantizado por el isomorfismo.

Russell
no afirma
pero que
hay
isomorf.

A fin de clarificar este punto tal vez convenga echar mano a la distinción que Readhead (2001) traza entre *estructura abstracta* y *estructura concreta*. A una estructura concreta corresponden un dominio determinado y una clase de relaciones determinadas entre los elementos de ese dominio. Es decir, en una estructura concreta tanto los elementos del dominio como las relaciones entre ellas están especificados. La noción de estructura abstracta (que es parasitaria respecto de la de estructura concreta) corresponde a la de una estructura cuyo dominio y clase de relaciones no queda especificada sino por la adjudicación de un isomorfismo respecto de una estructura concreta dada, en otras palabras, respecto de una estructura concreta podría definirse una estructura abstracta, que no es otra cosa que la clase isomórfica cuyos miembros son solamente las estructuras isomórficas a ella. Mientras que en una estructura concreta puede conocerse tanto la naturaleza específica de los elementos de su dominio, como el tipo de relaciones que ellos guardan, en una estructura abstracta el conocimiento se limita a las propiedades matemáticas de las estructuras que son isomórficas a una estructura concreta dada.

Así la visión de Russell podría ser descrita del siguiente modo: el mundo observable instancia una estructura concreta cuyos elementos son perceptos, definida a partir de las relaciones que postulamos/descubrimos entre ellos. Por un mero proceso de abstracción a partir de la estructura concreta de nuestra percepción puede obtenerse una estructura abstracta, i.e., la clase de todas las estructuras isomórficas a ella. Ahora bien, por apelación a los principios H-W y RR podemos inferir la existencia de una estructura concreta en el mundo físico que es isomórfica a la del mundo percibido, y cuyos elementos constituyentes (los objetos de su dominio) son causalmente responsables de los elementos constituyentes de la estructura de la percepción. Hay un proceso de abstracción que va desde la estructura concreta de lo observable hasta una estructura abstracta cuyos miembros son todas las estructuras isomórficas a la primera, pero por una deducción mediada por los principios puede inferirse que hay una estructura concreta miembro de la clase definida por la abstracta que es la estructura que corresponde al conjunto de entidades físicas que son responsables de los objetos de nuestra percepción. ¿Qué es lo que conocemos de

esas entidades? Que instancia la misma estructura abstracta que nuestra percepción. No podemos saber la naturaleza intrínseca de los elementos del mundo físico ni nada acerca de ningún aspecto concreto de las relaciones que estas entidades mantienen, salvo por el hecho de que esas relaciones instancian una estructura isomórfica a la del mundo perceptual.

Apenas un año después de la publicación de *The Analysis of Matter*, M.H.A. Newman realiza una reseña de esta obra que incluye una de las objeciones clásicas al REE, por ello conocida como la Objeción de Newman. Si bien ésta será tratada en sus detalles en una sección posterior, su relevancia histórica la hace un suceso ineludible en cualquier relato sobre el desarrollo de la tradición estructuralista. Dicha objeción tiende a una trivialización del contenido de las tesis de Russell. Puede resumirse en dos puntos fundamentales. En primer lugar sostiene que dado un conjunto cualquiera de objetos siempre es posible establecer una determinada clase de relaciones que instancia una estructura cualquiera, dicho de otro modo, decir que la estructura de nuestra percepción es isomórfica a la del mundo físico es no decir absolutamente nada por fuera del hecho de que ambos dominios tienen la misma cardinalidad, puesto que dados dos conjuntos con la misma cardinalidad, siempre podemos trazar las relaciones adecuadas para garantizar el isomorfismo estructural. Es por ello que, en segundo lugar, Newman señala que carece de sentido hablar de una estructura del mundo físico sin especificar la naturaleza de las relaciones concretas que las entidades de ese mundo han de tener para instanciar esta estructura. Ahora bien, para brindar alguna descripción específica de esas relaciones debemos ir más allá de donde el REE puede ir, razón por la cuál debiera ser abandonado. En suma, la crítica de Newman afirma que las tesis de Russell respecto de los alcances del conocimiento son absolutamente triviales, y para sustraerlas de esa trivialidad debiéramos abandonar las restricciones epistémicas del isomorfismo estructural.

3.3. Construyendo la tradición estructuralista

Antes del surgimiento de nuevas posiciones que retomaron el carácter sistemático del REE de Russell, hubo algunos autores que dieron nuevas pinceladas al cuadro estructuralista. Esta influencia ha sido recientemente señalada por algunos filósofos que se han ocupado de formular reconstrucciones histórico-conceptuales del RE. Es de destacar, por ejemplo, que en su obra *General Theory of Knowledge*, Moritz Schlick sostiene al igual que Russell una diferencia entre calidad/contenido y

Cassirer

estructura, postulando que nuestro conocimiento acerca del mundo se restringe exclusivamente a la última. Sin embargo, a diferencia de Russell, Schlick cree que nuestro conocimiento de la estructura del mundo no es inferencial, sino que se adquiere de modo directo mediante el conocimiento que tenemos de los aspectos cualitativos de la experiencia. Fueron Demopoulos y Friedman quienes señalaron la presunta relación de Schlick con la tradición estructuralista. Del mismo modo French y Ladyman (2003:38-41) han recurrido a la obra de Ernest Cassirer para reconstruir dicha tradición. Según ellos Cassirer no sería solamente una pieza más en el entramado de esta historia, sino que sería el precursor de una de las más recientes variantes del RE, el Realismo Estructural Óptico. Para sostener esta interpretación, apelan al hecho de que, altamente influenciado por los revolucionarios resultados que las teorías cuántica y relativista obtuvieron en su época, Cassirer explícitamente pretende refundar el modo de concebir ontológicamente al menos algunas de las entidades claves postuladas por esas teorías. Para él "no tiene sentido adscribirles [a los electrones] una existencia definida y estrictamente determinada, que de todos modos, es absolutamente inaccesible para nosotros" (1936:178) Según esta idea, los electrones no deben ser concebidos como individuos sino simplemente "pueden describirse como 'puntos de intersección' de ciertas relaciones" (1936:180). Si bien no hay menciones explícitas a la noción de estructura en su caracterización del tipo de conocimiento del que la ciencia nos provee, pasajes como el anterior brindan sobradas razones para tener a Cassirer como uno de los precursores en la tarea de ofrecer una descripción puramente estructural de las entidades del mundo microfísico que trascienda el plano meramente epistemológico, postulando un carácter esencialmente estructural para su constitución ontológica.

Maxwell

La segunda posición abiertamente estructuralista es debida a Grover Maxwell, quien en los años sesenta construyó su propia versión del REE fuertemente inspirada, según sus propias palabras, en la posición de Russell, pero también incorporando algunos trazos kantianos que adjudica a la herencia de Poincaré. Precisamente en clave kantiana sostiene que no podemos acceder al conocimiento del mundo externo, sino sólo al reino de lo fenoménico, pero a diferencia del planteo de Kant, cree que si bien no tenemos acceso directo a las cosas en sí, como si lo tenemos al mundo fenoménico, nuestro conocimiento tanto científico como del sentido común es acerca

de las cosas en sí, y es un conocimiento puramente estructural (1968: 155).

Tal como lo hace Russell, Maxwell señala que todo el plano físico está constituido por entidades inobservables, no en el sentido que hoy nos es habitual, sino en uno especial de acuerdo con el cual lo único que contaría como observable serían los datos sensoriales o las impresiones sensibles, todo aquello que sea su causa, sea macro como microfísico, es tenido como inobservable. Nuestro conocimiento de esta totalidad inobservable del mundo se justifica mediante su propia versión de una teoría causal de la percepción tal que "al menos cierta subclase de características de las impresiones sensibles son isomórficas con una subclase de características de los objetos físicos" (1968: 156). Para garantizar este isomorfismo, Maxwell apela al principio H-W y al hecho de que las cadenas causales que llegan desde los objetos físicos mismos hasta nuestra sensibilidad preservan sus rasgos estructurales. Admite que, aun cuando no existen razones lógicas o conceptuales que garanticen las similitudes estructurales entre los objetos del mundo y los ítemes que constituyen nuestra experiencia, sostiene que tanto el sentido común como teorías bien confirmadas soportan esa presunción, y que de lo contrario cualquier tipo de conocimiento del mundo se volvería llanamente imposible.

Esta restricción epistémica a los aspectos estructurales es descripta por Maxwell en términos del conocimiento de propiedades de segundo orden (o superiores) de los objetos físicos, y de la ignorancia respecto de sus propiedades de primer orden. De ese modo las propiedades de primer orden del mundo de la percepción (por ejemplo, los colores) no reflejan en cuanto a su contenido o cualidad absolutamente nada de las propiedades de primer orden del mundo físico que tienen por causa.

Una motivación extra para Maxwell constituye el compatibilizar su propia posición con el principio verificacionista del significado de los empiristas lógicos. Para esto se vale de una distinción entre conocimiento directo y conocimiento por descripción. Así, entender una proposición requiere ~~de~~ tener conocimiento directo de aquellos ítemes designados por los términos descriptivos, es decir, todos los términos descriptivos deben ser términos observacionales (no teóricos). Sin embargo, el condimento realista en esta fusión del principio verificacionista con su propia teoría viene dado por las descripciones, puesto que el conocimiento que se tenga acerca de los ítemes designados por los términos teóricos será alcanzado por medio de éstas. Equiparando el conocimiento por descripciones con el obtenido por medio de teorías, Maxwell desarrolla su propia versión del REE apelando a oraciones de Ramsey.

Podemos formular proposiciones que refieran a propiedades inobservables o clases de cosas inobservables cuantificando existencialmente variables de predicado y otros términos puramente lógicos, más términos cuya referencia directa sea observable. Afortunadamente cualquier teoría puede ser transformada sin pérdida significativa de su contenido en una proposición como ésta. Lo único que se requiere es reemplazar la conjunción de aseveraciones de la teoría por su oración de Ramsey.” (16)

Maxwell sostiene que la proposición resultante de convertir una teoría en su oración de Ramsey refiere, aunque indirectamente, a aquellos ítems que los términos teóricos prescriben a través de términos cuya referencia directa son ítems de conocimiento directo y vocabulario puramente lógico tal como variables, cuantificadores y conectivas (1970: 182-3). La oración de Ramsey, entonces, no refiere a las propiedades de primer orden directamente, sino indirectamente a través de otras de orden superior, informándonos que ellas existen y diciéndonos cuáles son sus rasgos estructurales. A pesar de las múltiples coincidencias y del hecho de que Maxwell encuentra en Russell a su antecedente más inmediato y más influyente, sus posiciones respecto del REE resultan divergentes. Ya que mientras que la oración de Ramsey preserva la estructura lógica de una teoría, la posición de Russell insiste en que es directamente la estructura del mundo inobservable lo que inferimos a partir de nuestra percepción. Podría pensarse que la estructura de la teoría refleja de algún modo la estructura del mundo, pero esa posibilidad no es adecuadamente desarrollada por Maxwell

Worrall

Ya se ha hecho mención de la importancia y el alcance de la posición de John Worrall a la tradición estructuralista. Su artículo de 1989, *Structural Realism: The Best of Both Worlds?*, no sólo le ha dado un nombre propio al RE, sino que ha reavivado la polémica en torno a sus tesis fundamentales al punto tal de convertirla en uno de los tópicos de debate más frecuentado en la filosofía de la ciencia de nuestros días. Su inserción en la polémica es posterior a la formulación explícita de los dos argumentos más influyentes a favor y en contra del realismo científico i.e. el argumento de la MIP y el ANM, y es precisamente la motivación central del trabajo de Worrall brindar una

posición que pueda salvar la intuición realista que está detrás del ANM, pero haciendo justicia a la vez a la evidencia histórica que fortalece la intuición antirrealista que ha motivado al argumento de la MIP. La carrera de Worrall tras este objetivo lo lleva a recuperar el espíritu estructuralista de la obra de Poincaré. Haciendo abstracción del espíritu neokantiano de inspirador, Worrall sostiene que la posición que acaba de bautizar como RE es capaz de salvar las intuiciones básicas de ambos argumentos. Si bien concuerda con los defensores de la MIP en que existe una evidencia incontestable en la historia de la ciencia de una discontinuidad esencial en los postulados teóricos de nuestras (sucesivas) mejores teorías científicas, esa discontinuidad, señala, se manifiesta sólo a nivel de los compromisos ontológicos con la naturaleza de las entidades postuladas por esas teorías. Sin embargo, esa discontinuidad no es tal cuando se atiende al hecho de que las ecuaciones fundamentales de las teorías (al menos en el límite) se mantienen luego del cambio. La supervivencia del andamiaje matemático fundamental de las teorías es para Worrall prueba de que, pese a la posible sustitución de la vieja por una nueva ontología, las teorías describen el entramado de relaciones existente en el mundo inobservable. En términos semánticos, a pesar de que ^{la} referencia de los términos teóricos haya cambiado existe una continuidad en la descripción estructural en el comportamiento del mundo inobservable. Los resultados de la MIP no son cuestionados, en tanto y en cuanto la falsedad de las teorías previas sea suficiente para concluir la falsedad de las actuales (o, en términos semánticos, la falta de referencia de los términos teóricos de las teorías pasadas es suficiente base para concluir inductivamente la falta de referencia de los términos teóricos de las teorías actuales). Sin embargo, esa falsedad no implica la absoluta discontinuidad del conocimiento científico, pues este va describiendo de modo crecientemente más preciso la estructura oculta del mundo inobservable. Pero la discontinuidad ontológica de nuestras mejores teorías científicas, no implica que su éxito empírico tenga que quedar inexplicado o ser adjudicado a causas milagrosas, es precisamente la continuidad en las descripciones estructurales (reflejada en las ecuaciones matemáticas que son retenidas a lo largo del cambio teórico) que las teorías brindan acerca del mundo lo que garantiza su adecuación empírica.

Worrall describe así su posición: el realista estructural "insiste en que es un error pensar que podemos 'entender' la naturaleza de los componentes básicos del universo" (1989: 122) En cambio, lo que al igual que Newton podemos descubrir son "relaciones entre los fenómenos expresadas en las ecuaciones matemáticas de las teorías, cuyos términos teóricos deber ser interpretados como genuinos primitivos" (Ibid.) Refiriéndose al éxito empírico de la teoría cuántica, afirma: "El realista

estructural simplemente afirma que la estructura del universo es probablemente como la teoría cuántica la describe" (1989: 123).

Siguiendo a Poincaré, Worrall toma al caso Fresnel-Maxwell como parte de la evidencia histórica a favor del REE, señalando que la estructura matemática de las ecuaciones se mantiene, al menos en el límite, luego del cambio a la teoría de Maxwell. Ello atestigua un desarrollo esencialmente acumulativo en términos estructurales del conocimiento científico; si bien Fresnel estuvo absolutamente equivocado acerca de la *naturaleza* de la luz –que la luz consiste en vibraciones que son transmitidas a través de un medio omnipresente, el éter-, estaba sin embargo probablemente en lo cierto respecto de su *estructura*, i.e. respecto de que los efectos ópticos dependen de *alguna cosa* que vibra en los ángulos rectos en dirección de la propagación de la luz, tal como las ecuaciones lo requerían. Una cuestión que surge como un evidente desafío para el RE de Worrall es si la continuidad estructural que queda patente en el caso Fresnel-Maxwell es tan sólo un ejemplo histórico afortunado o refleja adecuadamente el proceso de acumulación progresiva de conocimiento. Readhead (2001) señala que existen algunos ejemplos históricos en los cuales la continuidad estructural es difícil de postular¹². Sin embargo, para Readhead aun en los casos en los que la discontinuidad en las ecuaciones matemáticas sea abrupta e inapelable, puede rastrearse una cierta afinidad entre la vieja y la nueva estructura:

Estructuras cualitativamente nuevas emergen, pero hay un sentido definido en el cual ^{la} nueva estructura crece naturalmente, aunque de modo discontinuo, de la vieja estructura. Para el matemático introducir una métrica en geometría, o una no-conmutatividad en álgebra son movimientos muy naturales. Así que miradas desde la perspectiva correcta, las nuevas estructuras parecen surgir de un modo natural, sino inevitable, de las viejas estructuras. (2001:19)

Pese a ello, en mi opinión dos cuestiones deben necesariamente ser planteadas. En primer lugar, definir con precisión lo que significa que si bien dos estructuras matemáticas puedan ser discontinuas, sean a pesar de ello, afines. En segundo término, brindar indicaciones claras respecto de cómo esta suerte de afinidad matemática de dos descripciones estructurales puede garantizar la continuidad del

Bien!

¹² El primero de ellos refiere a la relación entre los espacio-tiempos ~~de~~ Minkowskianos y Galileanos; el segundo a la relación entre la formulaciones de la mecánica clásica y cuántica a través de las ecuaciones de Poisson y Moyal

conocimiento.

En un intento por profundizar la noción de continuidad estructural a lo largo del cambio teórico, Zahar (2001) ha sostenido que una adecuada defensa del REE requiere de un cambio en la semántica. Formular un RE desde una semántica estándar en la cual las relaciones sean parasitarias de los relata, es decir, donde sean estos últimos los términos metafísicamente prioritarios no permitiría comprender de manera cabal el modo en el que dos teorías ontológicamente incompatibles describen aproximadamente la misma clase de relaciones (la misma estructura) en el mundo inobservable. Es por tanto necesaria una semántica en la cual las relaciones sean tenidas por prioritarias respecto de los relata:

De acuerdo al realismo estructural, tenemos a menudo buenas razones para suponer que una relación específica 'R' refleja una conexión real entre elementos acerca de cuya naturaleza no conocemos nada. Las condiciones bajo las cuales estamos autorizados a hacer una afirmación realista como esa, ocurren siempre que tenemos siempre una hipótesis altamente unificada H que, a un tiempo, incluye R y explica toda una serie de hechos aparentemente dispares de una manera que no resulte ad-hoc. (2001: 38)

En esta idea queda implícita la asociación entre el conocimiento de la naturaleza intrínseca de los objetos y la semántica clásica. Es por ello, sostiene Zahar, que al rechazar la tesis de que nuestro conocimiento alcance esa naturaleza, debemos rechazar también la posibilidad de formular una posición epistemológica sostenible en esa semántica.

Realismo Estructural Óntico

La formulación de cualquier posición realista estructural ha presupuesto hasta ahora la distinción ontológica fundamental entre relaciones y relata (entidades, objetos, individuos) reconociendo la prioridad ontológica de los segundos. En el mejor de los casos, tal como se ha señalado en la sección precedente, se ha sugerido que la continuidad estructural quedaría más adecuadamente representada por medio de una semántica que tenga a las relaciones como prioritarias, pero en cualquier caso esa

transformación en el orden semántico deja intacta la suposición inicial y tiene, por el contrario, la función de ilustrar la manera más cabal posible hasta qué punto ignoramos la naturaleza intrínseca de los constituyentes fundamentales del mundo inobservable: los relata. Pero a partir de una serie de artículos cuyo hito inaugural fue *What is structural realism?* (1998), James Ladyman ha planteado la posibilidad de que la restricción epistémica a los aspectos estructurales del mundo inobservable no sea en realidad restricción alguna, sino que conocemos solamente su estructura, porque ella es lo único que hay. Es decir, el compromiso estructuralista no es ya epistémico sino metafísico.

Según Ladyman, el REE sucumbe ante alguna de las objeciones clásicas que se le han interpuesto, entre ellas, la objeción de Newman. Pero también ante algunas objeciones más recientes, como la planteada por Psillos (1999) respecto de la imposibilidad que el REE tiene para establecer la distinción entre contenido y estructura.¹³ En suma, el REE parecería caer en un dilema fatal. Si se limita a los aspectos puramente estructurales (atado a una noción estándar de estructura como superveniente a los individuos) reduce la supuesta continuidad estructural del conocimiento científico a afirmaciones triviales acerca de la posibilidad de establecer relaciones arbitrarias entre un conjunto de objetos desconocidos; pero si busca en cambio superar esta caracterización que trivializa el conocimiento aportado por la ciencia dando cuenta de la supervivencia de información sustancial acerca del mundo inobservable, entonces requiere una distinción precisa entre estructura y contenido de la cual carece. Esas limitaciones conceptuales se suman al hecho de que el REE deja completamente irresuelta la cuestión de la discontinuidad ontológica a lo largo del cambio teórico.

Pero la radicalización de los compromisos estructurales no se funda *Ladyman* exclusivamente en las limitaciones de la versión del RE, sino que tiene también su origen en una subdeterminación metafísica descrita por la filosofía de la física, en relación con la individualidad de las partículas elementales.

Lo que se requiere es cambiar a una base ontológica, una en la cual las cuestiones acerca de la individualidad no surjan (...) por lo que deberíamos procurar elaborar el realismo estructural de un modo en que solucione los problemas del realismo tradicional con respecto tanto al cambio teórico como a la subdeterminación. Ello significa tomar las estructuras como primitivas y ontológicamente subsistentes. (1998a:420)

¹³ Ésta y otras objeciones al REE serán tratadas en la sección 4

Esta motivación extra para el REO proviene de ciertas consecuencias de la física moderna, en particular de la física cuántica. En física clásica dos partículas elementales podían ser consideradas indistinguibles con respecto a todas y cada una de sus propiedades, pero pese a ello la discernibilidad, y por tanto la individualidad, quedaban salvadas si se apelaba a la consideración de sus propiedades espaciotemporales. Dicho de otro modo, pese a ser idénticas podían ser así y todo discernibles por encontrarse en lugares y/o momentos diferentes. Pero esa posibilidad queda disuelta en el marco de la teoría cuántica: dos partículas podrían compartir todas sus propiedades, incluyendo sus propiedades espaciotemporales, y aun ser numéricamente *un par* de partículas. Así su naturaleza metafísica queda subdeterminada, en tanto y en cuanto ellas podrían ser vistas tanto como individuos como no-individuos. Pero quebrar esa subdeterminación a favor de la consideración de las partículas como individuos implicaría la apelación a una suerte de propiedad oculta o *ecceidad* medieval para sostener que dichas partículas, pese a ser idénticas e indiscernibles, son individuos independientes. Una solución más modesta consistiría pasar a considerar a esas partículas ya no como objetos, sino como puntos de intersección de ciertas relaciones modales objetivas. (Glover Maxwell?)

La posibilidad de emprender una reconceptualización metafísica de las entidades fundamentales del mundo inobservable postuladas por la ciencia física ha suscitado las más variadas críticas. Algunas de ellas cuestionan la posición en su totalidad poniendo en duda su mera inteligibilidad; otras, en cambio, reconocen su rol como una posición conceptualmente válida dentro del mapa del debate, pero cuestionan sin embargo alguno de sus aspectos constituyentes o ciertas consecuencias filosóficas que parecen desprenderse de ella. Así, se ha imputado a los realistas estructurales ónticos el carecer de una adecuada noción de estructura para dar cuenta de la refundación metafísica que pretenden emprender, como también, entre otras cosas, carecer de las herramientas semánticas necesarias para garantizar la continuidad ontológica y epistémica a lo largo del cambio teórico. Algunas de estas objeciones, así como sus posibles respuestas, serán desarrolladas en la sección 5.

Estructuralismo empirista

Desde la publicación de *The Scientific Image* en 1980, van Fraassen ha sido

uno de los filósofos antirrealistas más influyentes, y su nombre se ha asociado de manera indisoluble al Empirismo Constructivo. En recientes trabajos, sin embargo, ha defendido una posición novel que pretende conciliar a su Empirismo con la tradición estructuralista: el estructuralismo empirista. Sumariamente, ha defendido la idea de que pueden rastrearse continuidades estructurales a lo largo del cambio teórico, pero que ellas atañen exclusivamente a la estructura de los fenómenos, y no al plano inobservable. De ese modo, el empirista es capaz de brindar un relato consistente del creciente éxito predictivo de la ciencia sin abandonarse a explicaciones milagrosas. Dado que la adecuación empírica es el criterio de aceptación de una nueva teoría, ésta debe ser capaz de hacer las mismas predicciones y funcionar de modo adecuado en aquellas circunstancias en las que la teoría abandonada lo hacía. Es precisamente esa restricción la que garantiza que el modo en que la nueva teoría representa el mundo preserve los rasgos estructurales propios de la vieja teoría, pero esa continuidad se manifiesta sólo a nivel de la representación de los fenómenos, y no alcanza al mundo inobservable.

Su inserción en lo que he llamado la tradición estructuralista justifica con creces que el estructuralismo empirista sea reseñado en este recorrido histórico. Pese a ello, por no tratarse de una posición realista, su tratamiento detallado y el análisis de los argumentos que podrían oponérsele no serán abordados en secciones subsiguientes. En razón de ello, me limitaré a comentar brevemente dos aspectos problemáticos de su formulación. Pese a que el autor intenta trazar una línea de continuidad entre el Empirismo Constructivo y el Estructuralismo Empirista, la adopción del segundo socava uno de los fundamentos del primero. Como ya se ha precisado en la sección 2., mientras que el empirista constructivo permanecía agnóstico respecto de la existencia de las entidades inobservables (i.e., respecto del realismo metafísico) y limitaba su compromiso epistémico al conocimiento del plano fenoménico, adoptaba sin medias tintas un realismo semántico, abogando por una interpretación literal de las teorías tanto en sus enunciados observacionales como teóricos, es decir, la caracterización de las teorías como conjuntos de enunciados a los cuales pueden adscribirse valores veritativos. Pero la adopción del Estructuralismo Empirista se enmarca en un giro de la epistemología de van Fraassen hacia la concepción semántica de las teorías, es decir, hacia una caracterización de las teorías como familias de modelos, en lugar de sistemas de enunciados¹⁴.

¹⁴ Aunque de modo menos comprometido, su simpatía por la concepción semántica ya está presente en *The Scientific Image* al caracterizar la propia noción de adecuación empírica.

De acuerdo a la concepción semántica de las teorías, presentar una teoría científica es, en primera instancia, presentar una familia de modelos, esto es, estructuras matemáticas ofrecidas por la representación del objeto de estudio de la teoría. Dentro de las matemáticas, objetos isomórficos no son diferentes de modo relevante; por lo que es apropiado referirse a los objetos matemáticos como "estructuras". Dado que los modelos usados en ciencia son objetos matemáticos, las descripciones teóricas de la ciencia son, por tanto, estructurales (...). Así la concepción semántica implica una posición estructuralista: la descripción que la ciencia hace de su objeto de estudio es puramente estructural. (1997: 522).

Pero la adopción de la concepción semántica implica el abandono del realismo semántico, en tanto ya no tiene sentido hablar de una 'interpretación literal' de los modelos, ni mucho menos adscribirles valores de verdad. El giro estructuralista, con las restricciones empíricas que van Fraassen le quiere imponer, termina por ubicarlo más cerca de un escepticismo instrumentalista que del agnosticismo. De hecho Contessa (2010) ha sostenido que el Estructuralismo Empirista conlleva no sólo la negación del realismo semántico, sino el abandono de su agnosticismo ontológico, ya que implica el rechazo de la tesis del realismo metafísico. Íntimamente relacionado con esta cuestión está una dificultad extra que podríamos llamar el *problema de la representación*. Aun sacrificado el realismo semántico, debería haber sin embargo alguna clase de conexión referencial entre la estructura matemática y la realidad fenoménica que la satisface. El mismo van Fraassen describe así el problema: "... los modelos teóricos son estructuras abstractas (...) y todas las estructuras abstractas son estructuras matemáticas" (2010:237) Pero, "¿cómo una entidad abstracta, como lo es una estructura matemática, representa algo que no es abstracto, algo en la naturaleza?" (2010:240)

La solución al *problema de la representación* requiere de la postulación de una entidad intermedia; la estructura abstracta no se relaciona de modo directo con el mundo sino con un modelo de datos que representa los fenómenos. La relación de representación entre la teoría y los fenómenos queda ahora caracterizada como un isomorfismo entre el modelo teórico y el modelo de datos que, al igual que el primero, es también una entidad abstracta. Una primera reserva podría tenerse respecto de que esto no constituya una solución sino un mero desplazamiento del problema de la representación a la relación entre el modelo de datos y los fenómenos. Si bien van Fraassen no ataca este problema en forma directa, se desprende de sus escritos que la relación de representación entre el modelo de datos y los fenómenos no es de

isomorfía (de hecho no podría serlo en tanto los fenómenos no pueden constituir un dominio bien definido para ninguna función¹⁵) como en el caso de la relación entre los modelos teórico y de datos, sino de una naturaleza diferente. El modelo de datos es algo así como el *output* de un proceso de abstracción que tiene por *inputs* a los resultados brutos de los procesos de medición llevados a cabo en el marco de la teoría. Pero la inclusión de los procesos de medición como parte constitutiva de la relación de representación entre la teoría y los fenómenos, aun cuando pueda constituir una solución satisfactoria al *problema de la representación*, corre serios riesgos de chocar contra la pretensión de modestia ontológica del antirrealismo. Según van Fraassen, "La relación teoría/fenómenos (...) es la de una integración de una estructura matemática en otra. Dado que el modelo de datos -o más precisamente, el modelo de superficie- que representa las apariencias, es él mismo un modelo matemático. (2010:252). Pero, "No hay nada en la estructura abstracta misma que pueda determinar que es el modelo de datos relevante para ser incorporado a la teoría" (2010:253). Sin embargo, "un modelo de datos particular es relevante porque fue construido sobre la base de unos resultados recolectados de cierta manera, seleccionados por criterios de relevancia específicos, en ciertas ocasiones, en una configuración práctica experimental u observacional diseñada a tal propósito" (2010:253). En otras palabras, "los fenómenos (...) no determinan qué estructuras son modelos de datos para ellos, eso depende de nuestra atención selectiva sobre los fenómenos, y de nuestras decisiones de atender a ciertos aspectos, de representarlos en ciertos modos y hasta cierto punto." (2010:254).

No hace falta hacer notar el sesgo pragmático que adquiere la noción de representación científica construida sobre los intereses específicos que motivan los procesos de medición y selección de datos. Desde los trabajos de Hempel, y tal vez desde mucho antes, sabemos que recolectar y clasificar datos presuponen ya hipótesis teóricas; eso no es un problema para la concepción semántica más de lo que lo es para la concepción sintáctica de las teorías. Lo que resulta llamativo —en mi opinión— es que nuestro modo de representar científicamente la realidad, tal como van Fraassen lo caracteriza, debe detenerse en la frontera de lo observable. Después de todo, la postulación de entidades que están más allá de las apariencias ha mostrado ser un recurso pragmáticamente relevante -y de hecho ineludible- en la práctica científica. No sólo eso: la suposición de su existencia real también lo ha sido. La restricción de los compromisos ontológicos al ámbito de la experiencia se fundaba, en el Empirismo Constructivo, en una distinción entre entidades observables e

Van Fraassen lo admite

¹⁵ Véase (van Fraassen, 2010:241)

inobservables que van Fraassen se ocupó de defender con uñas y dientes, y no sin razón: después de todo hay cosas que podemos ver y cosas que no podemos ver. Pero no resulta claro cómo esa distinción se mantiene en los modelos de datos – pragmáticamente contruidos- con la fuerza suficiente para justificar que la continuidad estructural existente en las subestructuras empíricas de nuestras (sucesivas) mejores teorías científicas es la única responsable del éxito de la ciencia, mientras que la continuidad de los modelos teóricos nada tiene que ver con la explicación de dicho éxito. } XXX

Pese a que su aparición formal en el escenario filosófico suele tenerse por reciente, el REE corona una extensa historia conceptual a la que -como hemos propuesto- bien le cabe el nombre de *tradición estructuralista*, que como tal, es tan antigua como los cimientos mismos de la filosofía de la ciencia. Su primera formulación sistemática ha dado lugar a su primera y más peligrosa amenaza: la Objeción de Newman es hasta nuestros días el reto más difícil para el REE. Las reformulaciones del REE echaron mano de oraciones de Ramsey para conducirlo paulatinamente desde una versión del empirismo clásico (tal como Russell lo proponía) hacia el terreno más restringido de los compromisos metafísicos sobre el mundo microfísico. En esa transición, la Objeción de Newman se dio por neutralizada, o fue simplemente olvidada. Si bien su pertinencia y alcance serán objeto de un análisis más detenido, basta decir por ahora que esa presunción era equivocada; y en parte por ello algunos vieron en la profundización de los compromisos estructuralistas al plano óntico la solución a algunos de los problemas crónicos del REE.

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
Dirección de Bibliotecas

SEGUNDA PARTE

4. El Realismo Estructural Epistémico

Expuestos el marco general del debate Realismo vs. Antirrealismo Científicos y el recorrido histórico que da cuenta de lo que en ese marco he llamado la tradición estructuralista, las siguientes secciones procurarán brindar un mapa conceptual preciso de las diferentes posiciones que han configurado esa tradición, proponiendo un criterio general para agruparlas, reconstruyendo sus argumentos fundamentales, dando cuenta de las objeciones más relevantes que se les han opuesto y ofreciendo indicios de cómo esas objeciones puedan ser salvadas, o consignando las propuestas que se han efectuado a tal fin. Para ello es preciso contar con algunas herramientas básicas para definir lo que 'estructura' significa en la mayoría de las posiciones que serán revisadas, por lo que previo a iniciar el recorrido de esta segunda parte se dedicará una sección preliminar al abordaje formal de las nociones de estructura concreta y estructura abstracta, como así también al de algunas otras piezas necesarias para la reconstrucción de algunos argumentos, fundamentalmente vinculadas con las oraciones de Ramsey.

4.1. Estructura

El itinerario histórico por las distintas modulaciones del RE lo ha bosquejado como una posición que carga el peso del conocimiento aportado por las teorías científicas sobre las relaciones existentes en el mundo inobservable, lo que tiene como consecuencia que ese conocimiento no alcanza a penetrar hasta la naturaleza

intrínseca de ese mundo, sino que se limita a la estructura que surge a partir de esas relaciones. En tal sentido es pertinente brindar una noción clara y formal de estructura. Una estructura S consiste de (a) una clase no vacía de objetos U , que constituye el dominio de la estructura, y un conjunto ordenado de relaciones R en U , que puede contener tanto relaciones monádicas (es decir, propiedades monádicas) como poliádicas.¹⁶ Es de uso presentar a una estructura como una tupla ordenada: $S = \langle U, R \rangle$. Otro rasgo central a las posiciones aquí revisadas es que el alcance del conocimiento de las estructuras suele limitarse al isomorfismo. Dos estructuras $S_1 = \langle U_1, R_1 \rangle$ y $S_2 = \langle U_2, R_2 \rangle$ son isomorfas si y sólo si existe una función biyectiva $f: U_1 \rightarrow U_2$ tal que f preserva el sistema de relaciones existente en las dos estructuras en el siguiente sentido: para cada relación $r_1 \in R_1$ y $r_2 \in R_2$, los elementos a_1, \dots, a_n de U_1 satisfacen la relación r_1 si y sólo si los elementos correspondientes $b_1 = f(a_1), \dots, b_n = f(a_n)$ en U_2 satisfacen r_2 , donde r_1 es la relación en R_1 correspondiente a r_2 en R_2 (i.e. tienen el mismo número de orden en los conjuntos ordenados R_1 y R_2). Si este es el caso, f es llamada 'isomórfica'. La cardinalidad de una estructura S es, por definición, la cardinalidad de su dominio U .

Así definidas, las estructuras son meramente entidades abstractas sin ningún componente material o físico; los objetos de sus dominios son tan sólo "objetos lógicos" de los cuales puede decirse -tal vez en el mejor de los casos- que tienen la propiedad de existir de modo tal que son numéricamente distinguibles de sus compañeros de dominio. Lo mismo ocurre con las propiedades (i.e. relaciones monádicas) y relaciones monádicas que se les adscribe en R : las relaciones son definidas extensionalmente como un conjunto ordenado de n -tuplas a las que se aplica, pero nada se afirma sobre la intensión de esa relación. Ilustremos ese punto con un ejemplo. La extensión de la expresión 'ser más alto que' es un conjunto de pares ordenados $\langle a_1; a_2 \rangle$ tal que es verdadero que a_1 es más alto que a_2 , mientras que la intensión de esa relación está dada por el significado de la condición que los pares deben cumplir para formar parte del conjunto, en este caso el sentido de 'ser más alto que'. Si una relación es definida extensionalmente, tal como las relaciones en R lo están, ninguna indicación de su intensión es dada. La extensión, por otra parte, no determina la intensión. Un conocido ejemplo puede servir para ilustrar este punto: la extensión de la expresión 'criatura con riñón' es idéntica a la de 'criatura con corazón', por lo que si definiéramos la relación (monádica) extensionalmente no tendríamos modo de acceder a cuál de las dos intensiones motiva la articulación del conjunto. El

¹⁶ La notación elegida corresponde a que es casi universalmente adoptada en los manuales, que corresponde a la presentación inglesa de estas nociones.

enfoque extensional, sin embargo, es suficiente para dar cuenta de propiedades lógico-matemáticas como la transitividad o la reflexividad. Las estructuras así definidas son llamadas estructuras abstractas, y en ellas no se ofrece ninguna indicación del carácter específico de los objetos de su dominio ni de la intensión de las relaciones que ellos mantienen. Esa noción contrasta con la de *estructura concreta*, en ella el dominio es presentado como un conjunto de objetos determinados y las relaciones definidas intensionalmente, es decir, U y R se dan como interpretados. A partir de estas nociones puede clarificarse el hecho de que una misma estructura puede instanciarse en sistemas diferentes de relaciones, ya que una estructura abstracta puede recibir diferentes interpretaciones y así instanciarse en diferentes estructuras concretas aun cuando, en tanto entidad abstracta, no depende (ni se define a partir) de ellas.

Estructuras Abstractas

Estructuras Concretas

Como ya ha quedado patente en la primera parte de este trabajo, dos nociones se ligan fuertemente a la de estructura en el contexto del RE. En primer lugar se ha hecho referencia a que una *Oración de Ramsey* (OR) es capaz de capturar la estructura de una teoría. En segundo, la preservación de las descripciones estructurales de sucesivas teorías se rastrea a través de la continuidad de sus *ecuaciones*. Es vital por tanto clarificar el modo específico en que dichas nociones se vinculan con las estructuras tal como se han definido aquí. Ocupémonos para empezar de las Oraciones de Ramsey a través del siguiente ejemplo. Consideremos el sencillo ejemplo de la ley que afirma que todos los metales son fusibles. Una formalización de esa ley en lógica de primer orden es $\forall x \exists y [(Mx \wedge Ty) \supset F(x, y)]$, donde 'M' representa la propiedad de ser un metal, 'T' la de ser un valor determinado para la magnitud temperatura y 'F' la relación de 'fundirse en'. La fórmula $\forall x \exists y [(Mx \wedge Ty) \supset F(x, y)]$ es verdadera en una estructura definida del siguiente modo: \cup es el conjunto de todos los objetos del mundo, π el conjunto de todos los valores para la magnitud temperatura y α el conjunto de todos los pares ordenados que cumplen con la relación 'fundirse en'; siendo que todos los elementos de \cup aparecen como primer elemento de alguna tupla de α con alguno de los elementos de π . Nótese que para definir dicha estructura no fue preciso hacer referencia alguna al contenido de los conjuntos en juego, de hecho – y recuperando la idea de que cada predicado monádico o poliádico puede ser entendido como una relación- la descripción estructural hace abstracción de todos los aspectos intensionales de las relaciones que la componen (inclusive de relaciones monádicas como 'ser un metal'). La OR hace exactamente el mismo trabajo, pero eliminando los términos descriptivos en la misma expresión lógica y cuantificando sobre ellos: $\exists X \exists Y \exists Z \forall x \forall y [(Xx \wedge Yy) \supset Z(x, y)]$, lo que significa que existen

relaciones X , Y y Z tales que para todo x y para todo y es verdadero que $(Xx \wedge Yy) \supset Z(x, y)$. Dicha expresión es verdadera en el dominio en el que lo era la ley original, pero evitando toda alusión a metales, temperaturas, etc.

Otra referencia obligada está dada por la afirmación de que cierta representación de la estructura queda preservada en las ecuaciones de las teorías. Pero de un modo equivalente al que operan las Oraciones de Ramsey, las ecuaciones pueden ser reescritas en términos de relaciones reemplazando las variables que expresan cantidades reales (asociadas a ciertos conceptos de la teoría a la que pertenecen) por variables abstractas, y expresando así la ecuación como una relación que determina un conjunto de tuplas ordenadas de números (que corresponden a los valores combinados que esas variables pueden tomar) de su dominio. De hecho las Oraciones de Ramsey son capaces de expresar, entre otras cosas, las ecuaciones de una teoría, por lo que todo cuanto se diga de aquí en más sobre la continuidad estructural que las Oraciones de Ramsey puedan reflejar es aplicable también al enfoque que pone el acento en las ecuaciones.

Por último cabe mencionar que si bien el abordaje conjuntista de la noción de estructura que aquí se ha presentado ha sido dominante, recientemente se han sugerido nuevos medios para reconstruir la noción de estructura. Leitgeb y Ladyman (2008), por ejemplo, argumentaron a favor de la conveniencia de adoptar una noción de estructura proveniente de la teoría de grafos, donde relaciones y relata son representados respectivamente como las aristas y los nodos de un grafo, donde los nodos son indistinguibles fuera de sus vínculos recíprocos a través de las aristas. Una de las motivaciones para esa sustitución es brindar una representación de una estructura abstracta que se libere del presupuesto metafísico de la primacía ontológica de los relata sobre las relaciones, al tiempo que construye un marco adecuado para dar cuenta del problema de las partículas indiscernibles desde la óptica del REO.

4.2. Versiones del Realismo Estructural Epistémico

El REE ha sido presentado como una posición alternativa al Realismo Científico Tradicional (RCT), que debilita su alcance epistémico limitándolo a los aspectos estructurales del mundo. Sus pretendidas ventajas comparativas respecto del RCT (que se vinculan con su capacidad de absorber algunos embates

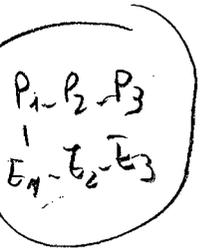
antirrealistas haciendo justicia también a las intuiciones realistas) han sido ya tratadas en general como un aspecto de su desarrollo histórico. También en ese relato han quedado patentes dos tendencias marcadas en el modo de caracterizar el modo en que el conocimiento estructural de la realidad es adquirido. Esas corrientes han quedado ilustradas en la distinción propuesta por Psillos entre el 'camino hacia arriba' y el 'camino hacia abajo' que conducen al REE a partir de diferentes motivaciones. En el primer caso se arriba a las tesis del REE a partir de una caracterización empirista del conocimiento del mundo independiente de la mente como limitado a las percepciones sensibles o datos sensoriales. En el segundo, en cambio, se afirma que podemos tener un conocimiento completo de las entidades observables, mientras que nuestro conocimiento de las entidades inobservables es sólo estructural. [Esta segunda alternativa es concebida como una solución concreta a la problemática del realismo científico en cuanto su tesis epistémica se restringe al nivel 2(b) de nuestra gradación de compromisos ontológicos, mientras que en la primera las consecuencias estrictamente relevantes para el REE se siguen de la adopción de un empirismo radical en la cuestión más amplia de nuestro acceso epistémico al mundo.] Es por ello que propongo denominar *Realismo Estructural Epistémico Amplio* (REEA) a la posición ligada a las motivaciones del 'camino hacia arriba', y *Realismo Estructural Epistémico Restringido* (REER) al enfoque que limita el conocimiento puramente estructural a las entidades inobservables¹⁷.

4.2.1. Realismo Estructural Epistémico Amplio

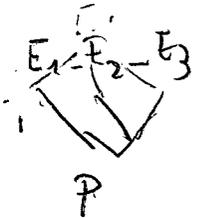
La principal motivación para el REEA es brindar un cuadro general acerca del modo en que se construye el conocimiento del mundo independiente de la mente, desde aquel que se asocia al sentido común hasta las complejas especulaciones científicas, a partir de los datos inmediatos de la percepción. En tal sentido es a ese mundo de preceptos al único que tenemos un acceso directo, todo otro conocimiento perceptos

¹⁷ En la misma línea se han propuesto algunas distinciones análogas. Frigg y Votsis (2011) proponen diferenciar el REE *directo* al estilo Worrall, del *indirecto*, identificado con posturas como la de Russell. Pero esa nominación opaca el hecho de que el conocimiento estructural es siempre obtenido indirectamente, sea por medio de las teorías, sea por una inferencia a partir de nuestras percepciones. Ainsworth (2009), por su parte, prefiere referirse a lo que aquí se ha denominado como REEA y REER respectivamente como 'REE fuerte' y 'REE débil', elección que no refleja el hecho de que el REER hace algunas afirmaciones más fuertes que el REEA, como por ejemplo que somos capaces de conocer ciertas relaciones existentes en el mundo inobservable aun cuando no se correspondan con relaciones entre los fenómenos.

del mundo físico requiere de un paso inferencial a partir de los datos sensoriales. Si bien desde una inspiración kantiana Poincaré defendió una forma de REEA, fue Russell quien articuló una posición sistemática que, con mínimas salvedades, continúa con las ideas de Poincaré. Asimismo Maxwell, a finales de los años sesenta, defendió el REEA a través de una serie de tesis que deben mucho a los trabajos de Russell y que (más allá del interés específico que pueda tenerse en las inflexiones del pensamiento filosófico de Maxwell) no representan una variación sustantiva de sus ideas. Es por ello que me limitaré al tratamiento de la propuesta russelliana como exponente del REEA en esta segunda parte. De acuerdo con su teoría causal de la percepción, el mundo de datos sensoriales al que tenemos acceso inmediato está constituido por los últimos eslabones de cadenas causales que tienen su origen en el mundo físico que, en el sentido al que ya se ha aludido, está fuera de nuestras posibilidades de captación directa, i.e. es inobservable para nosotros. Nuestra única posibilidad de tener conocimiento de ese mundo es haciendo inferencias a partir de nuestras percepciones, pero esas inferencias nos permiten remontarnos sólo hasta la estructura del mundo físico. Como ya se ha expuesto, la posibilidad de esas inferencias está sustentada sobre la adopción de dos principios:



el Principio Helmholtz-Weyl (H-W): "...diferentes perceptos tienen diferentes *stimuli*" (1927:255), es decir, que diferentes efectos (perceptos) implican diferentes causas. *Diferentes estímulos pueden tener el mismo percepto.*



el Principio de Reflexión de las Relaciones (RR): las relaciones entre perceptos reflejan (i.e. tienen las mismas propiedades matemáticas que) las relaciones entre sus causas no perceptuales.

A partir de dichos principios podemos inferir que la estructura de nuestras percepciones es isomórfica a la de las entidades físicas que son causalmente responsables de ellas. El argumento principal a favor del REEA puede ser resumido del siguiente modo:

- (A1) Todo nuestro conocimiento del mundo exterior deriva de percepciones.
- (A2) Nuestro conocimiento de esas percepciones es completo (estructural y no-estructural).
- (A3) La naturaleza o la cualidad de nuestras percepciones no reflejan la naturaleza o cualidad de sus causas externas.
- (A4) (dados RR y H-W) la estructura de nuestras percepciones es isomórfica a la

estructura de las entidades extramentales que las causan.

Por lo tanto,

nuestro conocimiento del mundo externo independiente de la mente es puramente estructural.

La premisa (A1) es la piedra de toque del empirismo tradicional, y en el marco de esa tradición ha sido defendida y atacada por medio de múltiples argumentos, en cualquier caso puede remitirse el lector a esas discusiones para su evaluación, ya que caen por fuera de los límites de este trabajo. La premisa (A2) parece libre de toda controversia, de hecho no sería tarea fácil encontrar posiciones filosóficas que la contradigan. La premisa (A3) parece también poder ser establecida sin demasiado esfuerzo, en tanto no sólo parece constituir una asunción razonable sino que tiene suficiente apoyo empírico a su favor. La ciencia ha insistido en que los aspectos cualitativos de nuestra percepción no tienen por qué semejarse en modo alguno a las propiedades físicas que los causan; del mismo modo se ha probado que varios sujetos pueden identificar los mismos objetos aun cuando sus percepciones de ellos sean cualitativamente diferentes. Sí podría ser un motivo de cuestionamiento el poner en duda el hecho de que las causas externas de nuestras percepciones tengan efectivamente un contenido cualitativo; sin embargo, aun cuando esa posibilidad pudiese no parecer razonable, el defensor del REEA podría aun permanecer agnóstico respecto de la existencia de cualidades no estructurales sin resignar aspectos sustanciales de su posición. Las dudas más prudentes podrían sin embargo surgir a partir de la premisa (A4). Debe señalarse en primer lugar que RR es suficiente para garantizar un isomorfismo entre la estructura del mundo inobservable y la de nuestras percepciones, con lo cual la apelación al principio H-W, al menos en lo que hace a la estricta validez del razonamiento es ociosa.¹⁸ ¿Por qué entonces los estructuralistas han insistido en incluir el Principio H-W? Más allá de que sus motivaciones personales sean en última instancia inescrutables, resulta casi obvio que el Principio RR es no sólo más fuerte sino también más difícil de aceptar que H-W, tal vez en parte porque en su formulación parece incluirse prácticamente todo cuanto se necesita para sustentar el REEA. Pero si bien H-W puede resultar para algunos más tolerable, no es, a diferencia de RR, suficiente para garantizar el isomorfismo. Por tanto, quien quiera suprimir a RR en el argumento, se enfrenta a dos opciones. La primera requiere (1) incorporar un principio extra que asegure una relación biyectiva entre los elementos del mundo perceptual y los del mundo físico, de hecho esa suposición no es otra cosa

¹⁸ De hecho RR implica a H-W, pero no a la inversa.

WH: NO

que la conversa del Principio H-W, que (siguiendo a Psillos, 1999) podríamos llamar 'W-H', es decir, que diferentes estímulos implican diferentes percepciones. La segunda opción consiste en no agregar ninguna asunción extra y conformarse con una caracterización más débil del conocimiento estructural, que no esté dado por el isomorfismo sino por la inclusión, de modo tal que la estructura del mundo perceptual sea isomórfica a alguna subestructura del mundo físico. Más allá de eso, tanto H-W como W-H parecen ser asunciones lo suficientemente razonables. Parecería difícil explicar nuestras expectativas respecto del comportamiento del mundo social y natural sin la presuposición de que percepciones idénticas (o más o menos semejantes) corresponden a causas idénticas (o más o menos semejantes), y viceversa.

4.2.2. Realismo Estructural Epistémico Restringido (REER)

Los defensores del REER siguen la motivación de lo que se ha llamado el 'camino hacia abajo' hacia el REE. Si bien su formulación explícita y su desarrollo corresponden a filósofos contemporáneos como Worrall y Zahar, y se enmarcan en un debate ya maduro sobre la comprensión filosófica de la ciencia, sus piezas clave pueden encontrarse ya en algunas aristas de la obra de Poincaré. La forma más usual que han tomado los argumentos a favor del REER hacen una apelación a la historia de la ciencia para dar cuenta de cómo la continuidad en el conocimiento estructural acerca de las entidades inobservables es la responsable del creciente éxito predictivo de las teorías. En su *Science and Hypothesis*, de 1905, Poincaré describe la condición histórica que llama 'banca rota de la ciencia' (1905:160), lo que no es otra cosa que la evidencia histórica que ha motorizado la formulación de la MIP. Ante esa situación destaca la importancia de la supervivencia de las ecuaciones a lo largo del cambio teórico:

Se parte del RCT y se llega al REE

Ninguna teoría pareció estar establecida sobre suelo más firme que la de Fresnel, que atribuía la luz a los movimientos del éter. Pero si la teoría de Maxwell es la preferida hoy día, ¿eso significa que el trabajo de Fresnel fue en vano? No; ya que objetivo de Fresnel no fue saber si realmente existe el éter, si está o no formado por átomos, si esos átomos realmente se mueven de esta o aquella manera; su objetivo era predecir los fenómenos ópticos. La teoría de Fresnel nos permite hacer eso hoy día tan bien como lo hacía

antes de la época de Maxwell. Las ecuaciones diferenciales son siempre verdaderas, pueden ser siempre integradas por los mismos métodos, y el resultado de su integración siempre preserva su valor. (1905:160-161)

Es por ello que respecto de las ecuaciones, Poincaré afirma que las ecuaciones no son meros instrumentos, ni las teorías meras “recetas prácticas para derivar predicciones” (1905:160) Las ecuaciones describen relaciones reales existentes en el mundo inobservable, y si permanecen a lo largo del cambio teórico es porque esas relaciones son un aspecto de la realidad acerca del cual deberíamos ser realistas. Worrall toma la posta de este argumento y lo enmarca en el debate actual entre realistas y antirrealistas científicos:

Esta tesis de Poincaré que ha estado largamente olvidada ofrece para mí la única esperanza para suscribir el argumento del no-milagro y aceptar al mismo tiempo un relato preciso acerca del cambio teórico en la ciencia. En términos sencillos, parece correcto decir que Fresnel identificó erróneamente la *naturaleza* de la luz; pero, sin embargo, que la teoría haya disfrutado del éxito predictivo del que disfrutó; no es un milagro, ya que la teoría de Fresnel, tal como pudo verla la ciencia posterior, atribuyó a la luz una correcta *estructura*. (1989:157)

La propuesta germinal de Worrall no hace explícito el modo en que las ecuaciones ‘expresan’ o ‘representan’ la estructura del mundo inobservable, ni tampoco se ocupa de señalar que no sólo las ecuaciones sino también las partes no matematizadas de la teoría debieran tenerse como relevantes para ‘codificar’ las relaciones entre inobservables que la teoría postula. Autores como Redhead (2001), Zahar (2004) y el mismo Worrall han procurado clarificar este punto; basta lo dicho en la sección 4.1 como una guía aproximada respecto de cómo esos objetivos pueden ser alcanzados. Sin embargo para Worrall el caso de Fresnel puede ser generalizado a la totalidad de la historia de la ciencia, permitiendo al RE suscribir el ANM en cuanto existe una explicación del éxito predictivo de las teorías (la continuidad del conocimiento estructural), y hacer coherente con esta idea la base histórica del argumento de la MIP, es decir, que la discontinuidad ontológica tras el cambio de una teoría por otra es más bien la regla que la excepción.

Estas consideraciones han constituido el principal argumento a favor del REER,

que podría estructurarse del siguiente modo;

(B1) A través del cambio teórico, además de la interpretación del vocabulario empírico de una teoría se preservan (al menos en el límite) el andamiaje matemático de la teoría¹⁹.

(B2) El andamiaje matemático de una teoría 'representa' la estructura del dominio de entidades al que esa teoría refiere.

(B3) La preservación sistemática de un elemento tras sucesivos cambios teóricos es un indicio confiable de su verdad aproximada.

Por lo tanto,

la preservación de los elementos estructurales a lo largo del cambio teórico es un indicio confiable de su verdad aproximada.

Cada una de las premisas de este argumento tiene aspectos controversiales. Ya se ha dicho que el sentido en el que el andamiaje matemático de una teoría representa una estructura del mundo inobservable requiere de un trabajo preciso en la elucidación de lo que 'representar' pueda significar, trabajo que ha resultado particularmente arduo en la consideración de teorías particulares²⁰ lo que podría eventualmente poner en jaque a la premisa (B2). La premisa (B3) constituye una instancia del ANM -en tanto que el hecho de que la preservación de un elemento sea un indicio de su verdad aproximada es subsidiario de la consideración de ésta como la mejor explicación del éxito predictivo de las teorías- y ha de cargar por ello el peso de las críticas que se han alzado contra éste. La premisa (B1) es sin dudas la que genera las dudas más profundas. En primer lugar se ha cuestionado que efectivamente el tipo de continuidad estructural que puede encontrarse en el cambio de la teoría de Fresnel a la teoría de Maxwell sea representativa de la continuidad estructural que según el RE debería recorrer buena parte si no toda la historia de la ciencia. Esta cuestión -a la que se hizo referencia lateralmente en el apartado histórico- ha sido considerada por Worrall ya en su artículo fundacional (1989) y revisada nuevamente en un trabajo posterior. La estrategia general para contestar dicha objeción consiste en hacer hincapié en que la continuidad estructural no tiene que ser total sino que se requiere que las ecuaciones de la nueva teoría aun siendo diferentes tengan a las de la teoría anterior como uno de sus casos límite, por ejemplo, la ecuación del movimiento de

¹⁹ Tanto sus ecuaciones como la formulación matemática de las relaciones teóricas que ella establece.

²⁰ Los defensores del REO han llamado la atención acerca de que la noción de estructura propia del REER colapsa ante la formulación de teorías contemporáneas como la Mecánica Cuántica o la Teoría Cuántica de Campos.

Newton resulta ser un caso límite de las ecuaciones de campo de la teoría general de la relatividad. Según Worrall esto es suficiente para la preservación del conocimiento estructural si se apela al Principio de Correspondencia formulado por Post: "una nueva teoría L, para ser aceptable, debe dar cuenta de sus predecesoras S 'degenerando' en esas teorías en ~~las~~ aquellas condiciones en las cuales S era confirmada por las pruebas" (1971:228). En ese caso la vieja estructura puede ser vista como un caso límite de la nueva. Otra de las objeciones que se ha alzado sobre esta premisa reside en el hecho de que lo que se preserva a lo largo del cambio teórico sea algo más que solamente las ecuaciones y por tanto, algo más que meras descripciones estructurales. Psillos (1999) observa en primer lugar que lo que debe preservarse para que una nueva teoría pueda enriquecer el éxito predictivo de la anterior, no pueden ser sólo las ecuaciones no interpretadas sino además la interpretación de todo el vocabulario observacional de la primera teoría. Si ambos elementos deben ser preservados no hay razón para adjudicar sólo a uno de ellos el éxito predictivo de la nueva teoría. Esto sin embargo no representa un problema para el REER ya que éste admite un realismo de tipo estructura/contenido en relación con la entidades observables y su restricción epistémica atañe solo a la ontología inobservable, precisamente la que es puesta en duda por el argumento de la MIP. Le bastará al defensor de esta posición que tanto el vocabulario observacional interpretado y las ecuaciones se preserven luego del cambio teórico, admitiendo que ambos factores son esenciales a la adecuación empírica de las teorías sin por ello claudicar en su defensa del REER. Sin embargo, Psillos insistiría en esta objeción apelando no ya a la cuestión del vocabulario observacional sino a la imposibilidad de establecer una adecuada distinción entre estructura y contenido. En resumidas cuentas: si conocemos la estructura del mundo inobservable conocemos, entonces algo más que simplemente esa estructura. En secciones siguientes examinaré con más cuidado esta posibilidad.

Objeción de Psillos

4.3. Objeciones al REE

4.3.1 La Objeción de Newman

Como hemos visto la objeción de M. H. A. Newman fue dada a conocer apenas un año después de la publicación de *The Analysis of Matter* de Bertrand Russell; fue así uno de los primeros desafíos conceptuales explícitos al REE y constituye aún hoy

día uno de sus retos más serios. De hecho, pese a haberse discutido largamente y contestado de diversas maneras, aun cuando no exista una opinión unánime al respecto suele haber en el debate actual importantes consensos en relación a que la ON es fatal para el REE. Antes de entrar en los detalles de los argumentos que han pretendido salvar al REE conviene revisar con más cuidado los términos de la famosa objeción. Según Newman la pretensión de que tenemos un conocimiento puramente estructural del mundo que hace total abstracción de sus aspectos cualitativos (es decir, de la naturaleza intrínseca de esas entidades y del aspecto intensional de las relaciones que guardan) implica la trivialización de ese conocimiento. El REE diría en suma que "hay una relación R tal que la estructura del mundo exterior con referencia a R es W" (Newman, 1928:144). En otras palabras, el realista estructural epistémico sabe que el mundo exterior tiene *una* estructura conformada por *ciertas* relaciones, pero su modestia epistémica le impide conocer de qué relaciones específicas se trata. Ahora bien, esa caracterización de nuestro conocimiento del mundo exterior, señala Newman, no difiere de lo que está implicado por el siguiente teorema de la lógica: "Para cualquier agregado A, puede ser encontrado un sistema de relaciones entre sus miembros que tenga asignada una estructura compatible con el número cardinal de A" (1928:140). Según este teorema, la mera cardinalidad implica que existen múltiples sistemas de relaciones que pueden instanciarse en ese conjunto. Si el realista estructural epistémico afirma que de la estructura de la percepción puede inferirse la estructura del mundo físico, no está diciendo nada acerca de éste (a excepción de señalar su cardinalidad) que no se siga de la pura lógica. Puesto en otros términos, si asumimos por vía de (MR), o bien H-W y W-H, que el agregado de nuestras percepciones tiene la misma cardinalidad que el agregado de sus causas, afirmar que el segundo tiene una estructura isomórfica a la estructura del primero es realizar una aserción absolutamente trivial, en tanto cualquier agregado de individuos puede instanciar la estructura que queramos a condición de que sea compatible con su cardinalidad. ¿Qué es lo que se requiere, según Newman, para que nuestro conocimiento del mundo no sea trivial?: Poder determinar qué sistema de relaciones específico instancia el mundo físico, es decir, los aspectos intensionales de estas relaciones. Pero hacer eso implica abandonar el REE. El segundo paso de la objeción entonces está dado, y ésta toma ahora la forma de un dilema: o bien el defensor de REE se resigna a que el conocimiento acerca del mundo sea, a excepción de aserciones sobre su cardinalidad, trivial y *a priori*, o abandona las restricciones estructuralistas y por lo tanto su propia posición.

Para ilustrar más cuidadosamente la objeción podemos servirnos de un ejemplo que el mismo Newman utiliza en su trabajo.

Sea 'A' una clase de objetos dada, y 'R' una relación que se mantiene entre ciertos subconjuntos de A. Sea 'B' un segundo conjunto de objetos, también provisto con una relación 'S' que se mantiene entre ciertas subclases de sus miembros (...). Por ejemplo, A podría ser un conjunto aleatorio de personas, y R la relación diádica de conocerse entre sí. Un *mapa* de A puede ser trazado haciendo puntos en un pedazo de papel que representen a cada persona y uniendo con una línea aquellos pares de puntos que representan personas que se conocen. Tal mapa es en sí mismo un sistema, B, que tiene la misma estructura que A, la relación que se genera, S, es en este caso 'estar unido por una línea'. (1928:139)

A pesar de ser extensionalmente diferentes, S y R instancian la misma estructura abstracta. En nuestro ejemplo, conocemos tanto los aspectos intensionales de la relación como la naturaleza de los objetos incluidos en las tuplas ordenadas que la conforman. Pero esa no es la situación que el REE plantea respecto del mundo. Para convertir el ejemplo en una analogía debiera considerarse que tenemos la hoja de papel con los puntos y las líneas trazadas en ella y que sabemos también (o al menos suponemos) que esos trazos que vemos en el papel (i.e. en el conjunto B) están causados por, y se corresponden con, elementos de un conjunto A del que absolutamente nada sabemos. En ese cuadro, si admitimos (por vía de la adopción de principios independientes) que existe una relación biyectiva entre los elementos de A y B, la única información relevante que la pieza de papel nos provee es que el conjunto A tiene la misma cardinalidad que el conjunto B, es decir, que en el conjunto A hay tantos elementos como puntos en nuestra hoja de papel. El isomorfismo estructural, sin embargo, no es novedad alguna en tanto se sigue lógicamente de esa afirmación. Lo dicho hasta ahora podría hacer pensar que la ON alcanza sólo al REEA en tanto nos hemos centrado en la versión russelliana, pero el REER no ha salido más indemne de los cuestionamientos expuestos o motivados por Newman. Recordemos REER que para esta posición las ecuaciones de las teorías eran capaces de 'representar' la estructura del mundo inobservable. El modo en que usualmente se ha elucidado esta idea de representación apela a Oraciones de Ramsey, pero como Demopoulos y Friedman (1985) han objetado, inspirándose en los resultados anticipados por Newman, el REE colapsa en un mero fenomenalismo salvo por la adscripción de una

cardinalidad a cierta parte del mundo inobservable²¹. Revisemos con más cuidado este punto. Supongamos que tenemos una cierta teoría expresada en un lenguaje formal de segundo orden y que es finitamente axiomatizable. La conjunción de todos axiomas de esa teoría (entre lo que estarán sus ecuaciones fundamentales) será entonces una cierta oración T . Supóngase también que es posible separar todos los predicados de la teoría en dos categorías, sea en este caso teóricos y observacionales²². Esos predicados serán nombrados como P_i , en el caso de los teóricos y Q_i , en el caso de los observacionales (reservando P y Q para el conjunto de todos los predicados). La teoría entonces podría ser escrita como una oración $T(P_1, \dots, P_m, Q_1, \dots, Q_n)$. La OR en esta teoría se obtendría limpiando de ella todos los predicados no observacionales y luego cuantificando existencialmente sobre variables de segundo orden, con lo que obtendríamos: $T_R := \exists X_1, \dots, \exists X_m (X_1, \dots, X_m, Q_1, \dots, Q_n)$. Lo que esta oración dice es que existen algunas relaciones inobservables tal que T vale para esas relaciones inobservables cualesquiera fueran, y para las relaciones observables Q . Pero en este contexto, ¿qué significa para un realista estructural epistémico decir que T es verdadera o aproximadamente verdadera? En principio T se aplica a un dominio de entidades que están divididas entre observables e inobservables. El hecho de que T valga para el conjunto de sus predicados observables implica que T es empíricamente adecuada, es decir, que tiene un modelo empírico o modelo de datos, pero ¿qué pasa en el mundo inobservable?. Todo lo que T_R afirma es que existen algunas relaciones que mantienen ciertas entidades para las cuales T es aplicable. De ello se sigue que el mundo inobservable tiene cierta cardinalidad, a saber: la requerida para instanciar la estructura de las relaciones no especificadas representadas por las variables de segundo orden de T_R , pero por fuera de esta implicación respecto de la cardinalidad, decir que T_R es verdadera es equivalente a decir que es empíricamente adecuada. Es por eso que Demopoulos y Friedman afirman que a la luz de esta objeción el REE no es muy distinto de posiciones antirrealistas como el Empirismo Constructivo.

Toda una variedad de caminos se han seguido para salvar a REE de la ON, o al menos para eludir sus resultados más insatisfactorios. Como el mismo Newman señaló, una solución que Russell podría adoptar para salvar su posición de las imputaciones de trivialidad, es establecer una distinción entre relaciones reales y

²¹ Kitland (2004) se ha encargado de ofrecer las pruebas formales que respaldan las objeciones conceptuales de Demopoulos y Friedman.

²² El criterio de separabilidad se asocia frecuentemente al carácter 'problemático' o 'no problemático' de los predicados. En el contexto del programa estructuralista que abraza la concepción semántica, por ejemplo, esta distinción se realiza entre predicados T-teóricos y T-no teóricos, según sean propios de la teoría o provengan de alguna teoría previa. Claramente en el contexto del REE la división relevante debe hacer referencia a su carácter observacional o teórico.

relaciones ficticias, que eran para Newman aquellas que se definían de modo puramente extensional y sin referencia a entidades concretas. Pero apelar a relaciones reales, establecidas intensionalmente sobre un dominio determinado, implicaba abandonar el REE. Redhead, siguiendo esta misma línea, sostiene que a diferencia de T_R , T sí refiere a relaciones concretas r . Esa relación r es postulada en un contexto teórico-explicativo "por lo que existe un postulado ontológico y su referente es elegido de un modo no estructural", sin embargo, sostiene que "sobre lo único que tenemos garantía epistémica es sobre la estructura de segundo orden, y no sobre r en sí misma" (2001b:336). Pero Redhead parece mezclar aquí dos actitudes que parecen incompatibles. Por una parte, a la hora de elegir el referente para r , se toma en consideración su postulación teórico-explicativa como un indicio de compromiso ontológico al modo del RCT, pero por otra parte, en lo que hace a las consideraciones epistémicas, nuestro conocimiento está garantizado sólo hasta los aspectos estructurales de segundo orden. Ahora bien, si aquí somos agnósticos respecto del compromiso ontológico con el referente pretendido para r , esta supuesta garantía epistémica queda privado de todo sustento. Según entiendo, el supuesto equilibrio que Redhead pretende establecer en realidad no es tal, y la balanza de su posición debe inclinarse o bien hacia el realismo ^{científico} tradicional, o bien hacia un escepticismo metafísico sobre relaciones inobservables como r .

Critica a
Redhead
↓
Apunte
del AUTOR
↓

Para Zahar (2001), en cambio, la solución al problema de Newman implica una reinterpretación del valor del contenido observacional de las teorías. En principio, lo que en sus propios términos implica la ON es que "lo único que la Oración de Ramsey afirma *más allá* de su contenido observacional es reductible a la lógica o a las matemáticas" (2001:239/240). Considerando esto, Zahar afirma que el contenido empírico de una teoría consiste en oraciones singulares que describen eventos observables (algo así como enunciados empíricos básicos). Una pieza del contenido empírico de una teoría podría ser, por ejemplo, un enunciado como: "este diamante es más puro que esta muestra de acero". Sin embargo, lo que la OR de una teoría implica, a diferencia de su contenido observacional, es una generalización a partir de enunciados como este (e.g. "Todos los diamantes son más densos que las muestras de acero") y por lo tanto, dado que este último enunciado es más fuerte que el primero, la OR dice *algo más* que su mero contenido observacional que no es, sin embargo, reductible a la lógica o la matemática. En este sentido la objeción de Newman, tal como él la reconstruye, no es correcta. A mi juicio, más allá de que se acepten o no los términos de esta respuesta es claro que el debate respecto del REE va mucho más allá de la posibilidad de hacer generalizaciones universales. De hecho no hace falta ser realista ni realista estructural para aceptar que una teoría implica enunciados

universales respecto de entidades observables. Y no se requiere para esto siquiera ser un realista nomológico, muchos antirrealistas nomológicos creen que es posible garantizar la verdad de generalizaciones universales por medio de otros recursos²³.

Desde una perspectiva completamente diferente, French y Ladyman han argüido que la solución a la ON consiste en eliminar el marco conceptual en el cual ella es posible. Al admitir la idea de que las teorías pueden expresarse como oraciones en una lógica de segundo orden seguimos enmarcados en la concepción sintáctica de las teorías: fuera de ella el problema de Newman simplemente se desvanecería:

La propuesta de Worrall está completamente incluida en la llamada concepción sintáctica de las teorías, que adopta una lógica cuantificacional de primer orden como la forma apropiada de representar las teorías físicas. No vamos a exponer nuestras razones aquí, pero consideramos que este camino es completamente errado, no sólo porque es inadecuado para reflejar la práctica científica, sino por los pseudoproblemas que surgen una vez que es adoptado. Así por ejemplo el problema de Newman es obviado si uno no piensa en estructuras y relaciones en términos extensionales de primero orden. (2003a:33)

La pertinencia de esta respuesta depende en gran medida de la intertraducibilidad de los enfoques sintáctico y semántico de las teorías. Si efectivamente -como algunos autores han señalado (por ejemplo, Worrall, 1989)- ese es el caso, no habría razones en principio para suponer que la objeción de Newman desaparece en el marco de la concepción semántica. De cualquier modo la cuestión de la intertraducibilidad de estas miradas metacientíficas queda fuera del foco de este trabajo, por lo que me limito simplemente a señalar su aspecto problemático.

4.3.2. La distinción estructura/contenido

El REE es frecuentemente presentado como una defensa de la tesis de que el conocimiento científico sólo toca la estructura lógica matemática del mundo sin brindar

²³ Véase Mumford (2004)

especificación alguna sobre su contenido o naturaleza. En tal sentido, así como la distinción entre entidades observables e inobservables resulta esencial para el Empirismo Constructivo, la distinción entre estructura y naturaleza resulta esencial para el REE, por lo que se ha constituido un foco importante de críticas en torno a la posibilidad de establecerla. Quien ha alzado las objeciones más serias en este sentido ha sido Psillos (1999). Ha señalado, en primer lugar, que los aspectos estructurales y de contenido de las entidades forman un continuo que no permite establecer de manera precisa la distinción. Su argumento hace foco en lo que desde la perspectiva de la práctica científica significa postular entidades inobservables, a fin de dar cuenta de ciertas regularidades en el plano empírico.

Al postular una entidad inobservable los científicos explicitan su comportamiento legaliforme [(*lawlike behaviour*)] por medio de una clase de ecuaciones. En otras palabras, ellos adscriben a este agente una cierta estructura causal y hablan acerca de cómo esta entidad está estructurada. Pienso que hablar de 'naturaleza' más allá esta descripción estructural (física y matemática) de un agente causa es retroceder a un discurso medieval de 'formas' y 'sustancias' (1999:149)

Es por ello, concluye Psillos, que "la 'naturaleza' de una entidad forma un continuo con su 'estructura'", y que "conocer una implica conocer la otra" (1999:150) Esto último implica un segundo aspecto de esta objeción. No se trata solamente de que no resulte posible establecer una distinción tajante entre estructura y contenido sino de que aun cuando esta distinción pudiera ser hecha por medios precarios, la pretendida *naturaleza* del mundo inobservable no resulta menos cognoscible que su estructura, y el REE colapsa así entonces en un realismo científico tradicional.

Crítica
a Psillos
↓

Andron

Pese a su agudeza, la objeción de Psillos no es, a mi entender, fatal para el REE. En cuando al primer aspecto de su argumento, cabe destacar que, aunque es completamente cierto que la postulación de una entidad inobservable se lleva a cabo mediante la descripción de su perfil causal, y éste constituye un entramado de propiedades y relaciones en el que buena parte de lo que la entidad es se mezcla con el tipo y número de relaciones que tiene con otras entidades, ello no implica que a efectos del análisis estructural la extensión de un predicado teórico no pueda separarse de manera precisa de su intensión y una descripción estructural pura emerger de esa separación. Y, en tanto y en cuanto esta distinción pueda llevarse a

cabo (si se acepta que la extensión de algunos predicados teóricos permanece a lo largo del cambio mientras que su intensidad se pierde) se sigue de ello que la intensidad de los predicados teóricos es menos cognoscible que su extensión.

*Conclusión
del
autor*

El REE compone un arco de posiciones que han aportado interesantes contribuciones a la caracterización epistémica de la ciencia. Su versión amplia, debe reconocerse, no goza hoy día de numerosos adeptos²⁴. Ello se debe, en parte, a que los principios y presupuestos que han de suscribirse para que el sistema funcione no resultan, el menos en su conjunto, fáciles de aceptar. Además, la ON deja al REEA reducido a meras afirmaciones existenciales sobre relaciones cualitativamente desconocidas. El REER, como he señalado, no encuentra un problema irresoluble en la dificultad de establecer la distinción estructura/contenido, sin embargo, no corre mejor suerte frente a la ON: los intentos de salvar el uso de oraciones de Ramsey no resultan satisfactorios, lo que hace pensar que el realista estructural epistémico se encuentra ante el dilema de renunciar al realismo, o claudicar en sus compromisos estructuralistas. Para muchos, el REO es el rumbo adecuado para romper ese dilema.

²⁴ Para una defensa contemporánea de la versión russelliana del REEA, véase Votsis (2003)

5. Realismo Estructural Óntico

La piedra fundamental del REO ha sido el artículo *What is Structural Realism?*, de James Ladyman, publicado en 1998. Desde entonces el REO se ha transformado en un programa filosófico fértil que ha incorporado interesantes discusiones sobre la relación entre la ciencia y la filosofía en general, sobre las implicancias filosóficas de algunas teorías de la física moderna en particular, que ha abierto el juego a la revisión de viejos problemas epistemológicos (causalidad, modalidad, universales, leyes científicas, teorías semánticas, etc.) y que ha visto nacer bajo su sombra, tal vez en buena medida en virtud de todo lo anterior, una creciente variedad de matices y alternativas teóricas. Los objetivos de esta sección no permiten desgranar cada una de esas cuestiones con el cuidado que merecen (y tal vez ni siquiera *podrían* hacerlo), por lo que se limitará a brindar un panorama general sobre como se ha interpretado y elaborado la osada afirmación de que el conocimiento estructural del que las teorías nos proveen agota todo cuanto puede conocerse del mundo, pues esas estructuras que conocemos son en efecto el elemento último de la realidad. Se examinarán las fuertes argumentativas principales que, según los defensores del REO, hinchaban las velas de su posición, consignando con cierto nivel de detalle sus dificultades más notorias. Se revisarán también las variantes del REO, desde sus formulaciones más radicales hasta aquellas que más se acercan al RCT. Por último, se abordarán las objeciones más serias que han intentado desarticular esta posición, haciendo además una evaluación crítica de ellas.

5.1. Argumentos a favor del REO

La tesis de que a las estructuras debe adjudicárseles un carácter ontológicamente primario respecto de los objetos o individuos está, para los fundadores del REO motivada y justificada por una serie de argumentos que provienen de dos frentes diferentes. Por un aparte se afirma que el REO viene a resolver una serie de

problemas conceptuales de la tradición en la que se inscribe: su hermano mayor, el REE, no ha podido contestar satisfactoriamente la ON, su padre, el RCT, no ha logrado dar con una salida elegante al problema del cambio teórico. Pero, desde un frente muy diferente, el de la ciencia moderna, surgen nuevos argumentos a favor del REO: los resultados alcanzados en algunos campos de la física no pueden ser adecuadamente recogidos desde la metafísica tradicional a la que están indisolublemente ligadas sus posiciones antecesoras. La nueva propuesta soluciona nuevos y viejos problemas.

Comencemos por la filosofía. Los defensores del REO (aunque no solamente ellos) sostienen que el REE no es capaz de brindar una solución satisfactoria a la ON de modo tal que le permita salvar sus tesis principales, al mismo tiempo que evite que los únicos enunciados que califiquen como conocimiento científico sustantivo sobre el mundo inobservable sean sólo acerca de su cardinalidad. Pero en razón de su abandono de la concepción sintáctica de las teorías, presupuesto en la argumentación de Newman, el REO es ya inmune a la ON. Esa aseveración está expresada sin más en Ladyman y Ross (2007:128). Melia y Saatsi (2006) brindan un panorama más amplio de cómo el abandono de la concepción extensional de las relaciones implica la imposibilidad ^{de} la ON en el marco de la concepción semántica, y por tanto del REO.? Votsis (2004) plantea ciertas reservas respecto de que la concepción semántica pueda desembarazarse tan fácilmente del problema, aunque en cualquier caso nos debe un relato aunque sea aproximado acerca de cómo la objeción podría plantearse en ese marco.

Pero la ON tiene además otras implicaciones fatales para el REE. El flanco débil del RCT ha sido la discontinuidad ontológica en el reino de lo inobservable. Ha sido ello lo que muchas veces le ha quitado fuerza intuitiva a la idea de que el éxito predictivo de las teorías no podría ser simplemente un milagro. El REE pretendió reducir el impacto del problema del cambio teórico imponiendo una restricción epistémica, la continuidad estructural sería entonces la garantía del éxito productivo, mientras que la discontinuidad ontológica un síntoma de nuestro desconocimiento de la naturaleza metafísica del mundo inobservable. Pero lo que el problema de Newman muestra es que estableciendo una caracterización precisa respecto de lo que cabe llamarse conocimiento estructural, este constituye, si nos mantenemos fieles a la restricción epistémica, sólo afirmaciones sobre cardinalidad y propiedades lógico matemáticas determinables *a priori*, y si en eso consiste nuestro conocimiento del mundo inobservable, entonces el éxito predictivo de la ciencia bien podría tratarse de un milagro después de todo. El REO en cambio, restituye el componente ontológico y se convierte en una posición que evita los problemas del RCT sin colapsar en el

Concepción
de
ON

empirismo Constructivo, es decir, una posición estructuralista que merece el calificativo de realismo. El compromiso básico que el RE debe sostener es que

existen relaciones modales entre los fenómenos (tanto posibles como actuales) pero esas relaciones no son supervenientes a propiedades de objetos inobservables, y de relaciones entre ellas. En cambio, esta estructura es ontológicamente básica. Esto es suficiente para hacer al realismo estructural diferente del realismo estándar, pero también del empirismo constructivo (Ladyman y Ross, 2007:128)

El REO está soportado además por otra rama de argumentos que provienen de la física moderna. El más conocido de ellos (también el primero en ser discutido en el marco del REO) es oriundo de la mecánica cuántica, más precisamente de una subdeterminación metafísica a nivel de las partículas elementales. Pero demos unos pasos atrás para comprender más claramente ese punto. De acuerdo con la metafísica clásica (entre la que podríamos encontrar lo que tal vez venga bien llamar metafísica folk, o del sentido común) objetos como sillas, gatos, piedras o células son tratados como individuos. Lo que esto significa, según la concepción tradicional, es que ellos pueden ser identificados por medio de sus propiedades. Esta idea queda expresada en el Principio de Identidad de los Indiscernibles (PII), que afirma que si dos individuos comparten todas y cada una de sus propiedades, son en realidad el mismo individuo. El candidato por antonomasia para estas propiedades a las que el Principio refiere es el conjunto de las propiedades monádicas, relacionales y las propiedades espaciotemporales; ello es lo que permite decir, aun en mecánica clásica, que cada partícula es un individuo diferente. Pero en MC la cuestión se complejiza de modo tal que muchos han sostenido que las partículas cuánticas no deberían ser tratadas como individuos. Entremos en las razones que han fundamentado tal asunción. Supónganse dos partículas cuánticas, llamémoslas 1 y 2, que deben ser distribuidas en dos cajas, A y B, que representan posibles estados cuánticos. Clásicamente hay cuatro distribuciones posibles para el sistema:

1º Distribución: 1 y 2 en A

2º Distribución: 1 y 2 en B

3º Distribución: 1 en A y 2 en B

4º Distribución: 2 en A y 1 en B

Si no se prioriza la posibilidad de uno por sobre los otros, la probabilidad de la ocurrencia de una de de estas distribuciones sería de $1/4$. En MC, en cambio, la situación es bastante diferente, ya que ésta reconoce tres distribuciones posibles para el sistema:

1º Distribución: 1 y 2 en A

2º Distribución: 1 y 2 en B

3º Distribución: 1 o 2 en A y la restante en B

Para la Estadística Cuántica las distribuciones 3º y 4º del caso clásico son en realidad una sola distribución posible, puesto que la permutación de las partículas no da lugar a una nueva distribución. Este resultado yace en lo más profundo de la MC. Expresado de modo más formal constituye el postulado de indistinguibilidad:

Si una permutación de partículas es aplicada a cualquier función de estado en un sistema de partículas, no existe entonces manera de distinguir la función de estado permutada resultante de la original no permutada por medio de ninguna observación en ningún momento.

Es así entonces que en la estadística cuántica la permutación de partículas indistinguibles en algún estado es tratada como un único estado. Las partículas clásicas, en cambio, aun cuando resultaban indistinguibles por apelación a sus propiedades monádicas, respetaban lo que se conoce como el principio de impenetrabilidad: dos partículas no podían ocupar el mismo espacio-tiempo. Así que aun siendo indistinguibles en cuanto a sus propiedades monádicas, la individualidad era salvada por apelación a sus propiedades espaciotemporales, es decir, cada partícula tenía una trayectoria espacio temporal diferente a la de todas las demás. Pero esto último ya no ocurre en MC, por lo que la apelación a propiedades monádicas, relacional e incluso espaciotemporales no resulta suficiente para garantizar la individualidad. Este resultado nos pone de cara al siguiente dilema: o bien asumimos que estas partículas son no-individuos en el sentido de PII, o bien salvamos su individualidad recurriendo a algo diferente de sus propiedades, una suerte de

ecceidad o individualidad trascendental. En esta situación French (1989; 1998) sostiene que la MC da lugar a una subdeterminación metafísica que permite considerar a las partículas como individuos o como no-individuos. Ladyman (1998) sugiere que la raíz de esta subdeterminación metafísica se encuentra en la metafísica tradicional que tiene como ontológicamente prioritarios a los relata respecto de las relaciones. Reemplazada ésta por una ontología de estructuras la mencionada subdeterminación metafísica simplemente no tiene lugar.

Varias líneas han atacado este argumento. Según una de ellas la subdeterminación metafísica presente en la MC es tan inocua y del mismo orden que aquella que encontramos en los objetos macroscópicos, y que permite considerarlos tanto en términos de sustancias, como de "cúmulos" de propiedades. Pero esa analogía no es satisfactoria. A diferencia del caso de los objetos cotidianos (sillas, tazas de café, etc.), el contenido de nuestra creencia en entidades inobservables se agota en la descripción teórica que hacemos de ellas, y si esa misma descripción y las categorías que emplea ponen en jaque su naturaleza metafísica, entonces nuestra creencia estuvo viciada desde un principio. [Entiendo que un realismo que se pretenda genuino y coherente con la física, debe dar cuenta de esta situación de modo que sus categorías elementales de objeto e individuo se acomoden a ella, o comenzar a preguntarse en qué sentido merece llamarse realismo.]

Otra estrategia consiste en afirmar que la mencionada subdeterminación examinada desde la óptica adecuada no tendría en realidad lugar. Y esa óptica es la de la Teoría Cuántica de Campos (TCC). Chakravarty (2003) intenta mostrar que el problema de las partículas indiscernibles no representa un callejón sin salida para el RCT. Brevemente, su argumento es el siguiente: el realismo acerca de objetos físicos tropieza con el hecho de no poder escoger entre una metafísica de partículas-como-individuos y otra de partículas-como-no-individuos. La primera metafísica pide una forma de ecceidad, de "estidad" primitiva, que permita distinguir las partículas; pero la segunda puede concebirse como compatible con, y preferible para, un realismo de corte tradicional. Allí las partículas son interpretadas como excitaciones en un campo cuántico. Pero, nos dice Chakravarty, las excitaciones son eventos, y los eventos son particulares, que son, a su vez, unidades en el espacio tiempo, o en otras palabras, individuos.

Creo que puede señalarse en primer lugar que la postulación de esas sucesivas equivalencias (individuo o particular equivalente a excitación; excitación a evento; evento a particular) es por lo menos, dudosa. En segundo lugar, lo que se encuentra en cuestión es la posición del RCT respecto de los objetos físicos, cuyo compromiso es bastante más profundo que el de un realismo acerca de eventos

entendidos como particulares. En tercer lugar, y por último, creo que al homologar la caracterización metafísica de ciertas partículas postuladas por la MC con la interpretación ofrecida por la TCC se está recurriendo a una simplificación excesiva. Pero aun cuando mi intuición fuera errada (demos por sentado que lo es), dos cuestiones deben considerarse: si lo que Chakravartty está tratando de mostrar es que es posible hacer concordar al RCT con cierta interpretación de la TCC, está pasando por alto el hecho de que la subdeterminación metafísica ya descrita aparece también en el corazón de esta teoría, este vez entre la interpretación de los campos como sustancias cuyas propiedades están instanciadas en puntos (o regiones) espaciotemporales, y la interpretación de los campos como simplemente propiedades de esos puntos (o regiones). Si, en cambio, lo que se sugiere es que podemos extraer de la TCC un concepto de "excitación" que funcione del mismo modo que lo hace el de "objeto" en la física clásica, entonces Chakravartty nos debe un relato mucho más preciso que muestre cómo es posible tal cosa.

Más allá de lo anterior, creo que lo que motiva más fuertemente su objeción es su idea de que el realismo científico, bien entendido, es ante todo un realismo acerca de propiedades. Es un hecho empíricamente comprobable que ciertas propiedades tienden caprichosamente a reunirse, a ser siempre detectadas juntas, y ante ello Chakravartty se pregunta: ¿coincidencia u objeto? Sin embargo ese dilema no encaja siquiera en su propio planteo. Si lo que se afirma es que existen ciertas propiedades observables (en el sentido de la física) entre las cuales se dan relaciones modales objetivas, eso es algo a lo que el REO puede acomodarse sin problemas. Si, por el contrario se intenta sostener que esas relaciones no pueden estar sostenidas sino por unos relata que soporten sobre sus hombros todo el peso ontológico, la pregunta que cierra el paso al realista tradicional vuelve a surgir aquí: ¿qué son (cómo deben entenderse metafísicamente) esos relata?

Una última crítica que merece ser consignada es debida a Morgantti (2008; 2009c) quien argumenta que la noción clásica de individualidad debe ser revisada, pero no para abandonarla o para aceptar la existencia de entidades que sean no-individuos. Su propuesta consiste en cambio en revisar el criterio de aplicación del concepto. Para Morgantti el PII no es un criterio adecuado de individualidad, ya que no hace justicia ni a un punto de vista empirista ni a la práctica concreta de la ciencia; en su opinión la noción de individuo debe ser tomada como un primitivo no interpretado, y es por eso que en ese marco la pretendida subdeterminación metafísica desaparece en tanto la no-individualidad no sería siquiera una opción. Las razones de Morantti para esta nueva teoría de la identidad se vinculan con su mirada particular acerca de la tradición empirista, la práctica científica real y el viejo principio de Leibniz;

examinarlas cuidadosamente requiere de más de lo que me he propuesto hacer aquí, baste entonces por mi parte decir que si esta objeción no constituye abiertamente una petición de principio contra el REO, representa al menos una estrategia filosófica poco satisfactoria. La subdeterminación metafísica que se describe ha sido una tesis resultante del extenso y arduo desarrollo de una de nuestras teorías científicas más exitosas, y los esfuerzos por comprender la naturaleza metafísica de las partículas elementales que han derivado en consideraciones acerca de la no-individualidad (sean éstas estructuralistas o no) han conformado una compleja red de argumentos filosóficos que no parece ser fácilmente disuelta por la postulación de la individualidad como un primitivo incuestionable.

5.2. Versiones del REO

5.2.1. Realismo Estructural Óntico Platonista

La primera variante del REO que merece ser considerada es en realidad altamente infrecuente en la literatura especializada, de hecho salvo por notables excepciones resulta una tarea difícil rastrear defensores de esta posición que, en virtud de su compromiso ontológico llamaré REO Platonista (REOP). Su interés no reside por tanto en su grado de aceptabilidad, sino más bien en el hecho de que sus tesis fundamentales se confunden usualmente con las de otras variantes del REO que sí son más habituales. La tesis central del REOP es que lo único que existe o subsiste, sea de un modo absoluto o derivado son estructuras, el mundo es de hecho para esta perspectiva una gran estructura, que no es especificada bajo ningún aspecto intensional y que se limita a relaciones puramente matemáticas. Es decir, el mundo es una mera estructura abstracta en la cual sus elementos no son más que unidades distinguibles. Para Tekman (2006) nuestro mundo es una estructura matemática en el multiuniverso de todas las estructuras posibles, esto (entre otras pretendidas ventajas) hecha por tierra la posibilidad de una *creatio ex nihilo*, puesto que las estructuras matemáticas son eternas e indestructibles. Las propuestas concretas en esta línea, como creo resulta evidente, no son sólo difíciles de encontrar sino también de digerir. En principio, esta posición pareciera eliminar cualquier referencia a elementos físicos, y a

cualquier otro que no corresponda a una estructura abstracta, con lo cual un planteo de este orden parece tener poco sentido en el contexto de una disciplina filosófica que se propone, al menos en principio, brindar una comprensión de las ciencias empíricas y no meramente formales. Tal vez una versión más refinada podría aducir que los rasgos físicos del mundo supervienen a la estructura matemática en un sentido semejante al que se invoca cuando se describe a los fenómenos mentales como supervenientes a procesos cerebrales. En cualquier caso esta relación debería ser clarificada, y resta además el problema de que un mismo sistema físico puede instanciar trivialmente varias estructuras abstractas. Dada su escasa plausibilidad nada más se agregará sobre esta posición.

5.2.2. Realismo Estructural Óntico Eliminativista

El REO Eliminativista (REOE) es la posición suscripta por Ladyman y French (Ladyman 1998; Ladyman y French 2003a, 2003b) y debe su nombre a Psillos (2001b). Su tesis principal es que las estructuras son ontológicamente más fundamentales que los individuos y por tanto estos últimos pueden ser eliminados de la ontología básica. Pero el hecho de que este movimiento los relegue a un papel metafísicamente secundario no implica negarles todo grado de realidad. Tal vez una analogía pueda resultar iluminadora respecto de este punto, y ésta se vincula con la polémica clásica respecto de los universales y los particulares. Una vez que el peso de la prioridad ontológica cae sobre alguno de los polos hay diversas maneras de dar cuenta de su relación con el otro. Si se aboga por ejemplo por un nominalismo, instaurando a los particulares como el componente ontológicamente básico de la realidad, hay sin embargo todavía más de una forma de caracterizar a los universales, sea negándoles cualquier clase de realidad, sea postulándolos como entidades subsistentes pero ontológicamente dependientes de sus instancias, sea como agregados de particulares o como meras expresiones que sirven para referirse abreviadamente a ellos. En el caso del REOE, la actitud más común que se ha adoptado ha implicado negar la existencia de los objetos.²⁵ Los objetos son sólo los puntos de intersección de ciertas relaciones modales objetivas que no están soportadas por relata alguno, simples ficciones para referir a esos nodos estructurales.

En una versión más moderada, French y Krause (1995; 2006) han afirmado

²⁵ Esto puede o no llevar a resignar también la existencia de los individuos, la cuestión será abordada cuando se caractericen otras versiones del REO.

que las partículas cuánticas son objetos pero no-individuos, aunque dejan abierta la cuestión de si eso se mantiene o no fuera del campo de la MC.

Otras variantes del REO resultan más familiares a los presupuestos metafísicos tradicionales. Edsfeld (2004) defiende una posición que denomina REO moderado. Para él los objetos son algo así como sustancias lockeanas: una suerte de sustrato no cualificado de ningún modo, en el cual las estructuras se instancian, dicho de otro modo, los objetos son individuos pero no tienen ninguna propiedad intrínseca. Esta posición tiene sin embargo un arduo trabajo por delante para determinar aquello que constituya la identidad e individualidad de los objetos, ya que ninguna propiedad intrínseca puede ser invocada (ni siquiera las espaciotemporales); parece que la única salida para dar identidad a este sustrato 'neutro' que constituyen los objetos es postular 'ecceidades' o individualidades trascendentales, pero si ese es el caso dista mucho de ser claro en qué sentido esta posición merece todavía el nombre de REO.

5.3. Objeciones al REO

5.3.1. Viabilidad conceptual

Una de las objeciones más frecuentes, simples y al mismo tiempo más fuertes contra el REO (tanto en su variante Platonista como Eliminativista) ha sido que el movimiento que pide subvertir el orden de prioridad ontológica entre los relata y las relaciones tal como es postulado por la metafísica tradicional es conceptualmente inapropiado. Esta objeción ha sido sostenida por Psillos (2001), Morganti (2004) y Chakravartty (1998), quien resume la cuestión del siguiente modo: "No es posible suscribir de manera inteligible la realidad de las relaciones si no se está comprometido también con el hecho de que algunas cosas están relacionadas" (1998:399). La objeción afirma que la propuesta conceptual del REO es inapropiada, si no llanamente ininteligible en tanto los relata gozarían de una suerte de prioridad conceptual respecto de las relaciones. Para Ladyman y Ross (2007) dicha objeción no tiene fuerza contra el REO, ya que

la afirmación de que los relata están contruidos como abstracciones a partir de relaciones, no implica que no haya relata; más bien implica lo opuesto.

Un aspecto central de la afirmación de que las relaciones son lógicamente prioritarias respecto de los relata, es que los relata de una relación dada siempre terminan siendo estructuras relacionales en sí mismas cuando se las somete a un mayor análisis. (2007:198)

Subrayan también que la concepción estructuralista ha desarrollado herramientas semánticas y formales para dar cuenta de la prioridad de las relaciones, pero que toda defensa de estas ideas sigue sin lugar a duda en gran medida atada al vocabulario tradicional. El desarrollo de nuevas herramientas semánticas, conceptuales y formales constituye un desafío vigente, aunque abordable para el REO.

En cualquier caso la conveniencia con la intuición ordinaria no debería, según mi opinión, ser una restricción filosófica como no es una restricción científica: baste como ejemplo de esto último el caso de la permutación de partículas en MC. Mucho menos, de hecho, debería ser una restricción ~~en~~ para una rama de la filosofía que pretende dar cuenta de los resultados de la ciencia, cuando una de las constantes históricas ha sido el forzar las intuiciones más básicas y arraigadas en nuestras imágenes del universo.

*Comentarios
del autor.*

5.3.2. Viabilidad metodológica

Fuertemente ligada a la objeción anterior está la que afirma que aun cuando se dé por sentado que la subdeterminación metafísica que surge de la MC en efecto resulta una motivación para el REO y que esta posición es inteligible, previo a aceptar el marco conceptual que ella propone pueden alzarse dudas respecto de la conveniencia metodológica de reemplazar el marco de la metafísica tradicional. Chakravarty (2003) afirma que el reemplazo de una ontología de objetos por una que postule las estructuras como sus componentes primordiales es injustificado, dado que no satisface al menos tres principios metodológicos básicos: a) necesidad: existen razones que exigen adoptar como marco una nueva ontología rechazando la anterior; b) rol explicativo: el marco de la nueva ontología debe tener al menos las mismas funciones explicativas que su antecesor; y c) primitivos: el nuevo marco debe ser menos oscuro, i.e. incorporar menos nociones primitivas. En cuanto al principio de necesidad, el primero de los sugeridos por Chakravarty, resulta en primer lugar no

muy claro cuál es exactamente su alcance. Los argumentos de French y Ladyman para sostener una versión óptica del RE apuntan a hacer patente la necesidad de una revisión de la ontología básica, a partir de la subdeterminación metafísica ya descripta. Para desmentir esto, se recurre a una serie de principios metodológicos que deberían verse satisfechos. Ahora bien, si la discusión acerca del primero de ellos es una discusión sobre si resulta en general necesario un cambio en la ontología, el rodeo metodológico nos ha devuelto al punto de partida. Y si en cambio, su discusión implica considerar un tipo especial de necesidad, no queda claro, al menos para mí, qué debe entenderse por necesidad metodológica. Chakravartty nos da una pista de lo que eso puede ser apelando a lo que bien podríamos llamar el argumento de la continuidad, o de la coherencia. Según éste, si las partículas microscópicas fundamentales están subdeterminadas por la física y eso amerita un cambio en la ontología, entonces también los objetos macroscópicos en los que nos sentamos y bebemos café lo están, y deberíamos también respecto de ellos abandonar la categoría ontológica de objeto. Sin embargo, este argumento está motivado por un malentendido entre el modo en que caracterizamos metafísicamente una entidad y el modo en que hablamos acerca de ella. Un cristiano y yo diferimos notablemente en nuestro modo de concebir metafísicamente una hostia consagrada empapada de vino dulce, y sin embargo podemos hablar acerca de ella en los mismos términos sin dejar de entendernos. Esta última no pretende ser una analogía completa y quizás ni siquiera satisfactoria, sino simplemente ilustrar intuitivamente el hecho de que el modo en que nuestras convicciones metafísicas caractericen a los constituyentes de los objetos de nuestra experiencia cotidiana no implica que tengamos que cambiar la manera en que nos referimos a ellos. Pero también, y por otra parte, el malentendido al que aludí hace a un lado algo casi obvio: tanto las teorías físicas, como las estrategias filosóficas para dar cuenta de ellas, no tienen por qué corresponderse con los conceptos típicos de lo que usualmente llamamos "sentido común".

Óptica del autor

?

Sin embargo (en parte más allá de lo dicho, aunque tal vez precisamente por ello) el mismo Chakravartty admite que "si el argumento a favor del REO demuestra que el principio de necesidad se satisface [o no], es materia de controversia" (2003:870), por lo que no me detendré más sobre este punto.

Respecto del segundo principio considerado, el de rol explicativo, Chakravartty apela, aunque para descartarla, a la que es tal vez la objeción más natural a un planteo que sostiene la existencia de relaciones concretas, pero que niega que haya algún sustrato para esas relaciones: la de la inviabilidad conceptual, o como él elige llamarla, "dependencia conceptual". Nuestro concepto mismo de estructura requiere que postulemos la existencia de objetos que entren en ciertas relaciones, y por tanto,

ellos juegan un papel explicativamente constitutivo e irremplazable. Sin embargo, considera que esto no es definitivo. Por el contrario, si lo que una posición realista respecto de las estructuras pide es que revisemos nuestro concepto de ellas de modo que aparezcan como primitivas, semeja mucho a una petición de principio objetarla argumentando la violación de una dependencia conceptual: las nociones de estructura y objeto no serían revisables, simplemente por no estar dispuestos a hacer tal revisión. No se trataría aquí de hacer un enroque entre viejos conceptos, sino de reformarlos de un modo novedoso.

No me queda claro

Pero hay, sin embargo, otra forma de dependencia que pone en cuestión la adopción del nuevo marco sin cometer petición de principio. Los objetos son explicativamente centrales a la hora de construir un relato que dé cuenta del cambio, existe una "dependencia causal" que nos obliga a apelar a objetos y a la naturaleza (no estructural) de sus propiedades si queremos explicar adecuadamente la modalidad y no conformarnos con una mera sucesión fenoménica.

Pero a pesar de ello hay una alternativa disponible para el defensor del REO, y ella marca precisamente una diferencia de quien suscribe el empirismo constructivo: su creencia en relaciones modales objetivas entre los fenómenos. Y más precisamente el hecho de que a la hora de justificarla puede valerse de una caracterización estructuralista de la causalidad. Dicha tesis, conocida como "estructuralismo causal" – y analizada detalladamente en Hawthorne (2001)– consiste, sumariamente, en eliminar todo recurso a una naturaleza de las propiedades que trascienda su perfil causal. No es el objetivo de este trabajo mostrar cómo debe elaborarse dicha posición para hacerla del todo compatible con el REO, pero –según entiendo– basta decir que es posible dar cuenta de relaciones modales en los modelos de datos (fenoménicos) de nuestras teorías, sin recurrir a naturalezas trascendentes de esas propiedades que excedan lo que esos modelos pueden recoger, es decir, que excedan su mera descripción estructural. Y si en esa descripción de los fenómenos físicos también se agota lo que 'propiedades' quiere significar, quien pretenda postular objetos o sustancias que carguen con esas propiedades tiene que enfrentar los problemas que conlleva la subdeterminación metafísica a la que ya me he referido.

El último de los principios que debería ser satisfecho por el REO, el de simplicidad de los primitivos, exige, estrictamente hablando, que el marco correspondiente a la nueva ontología sea más simple que su antecesor, valiéndose de menos nociones primitivas. El RCT en sus distintas versiones (nominalista o universalista, y las posibilidades que de allí se derivan) nos dota de una batería de conceptos fundamentales a partir de los cuales tratar con la realidad. ¿Nos provee el nuevo marco de un conjunto de conceptos menos oscuro? En principio el simple

hecho de que el nuevo marco nos brinda la chance de dar cuenta de aspectos de la física a los que no parecen adaptarse algunas nociones del RCT, podría hacer que nos inclinásemos a dar una respuesta positiva. Sin embargo, Chakravartty sugiere que las nuevas nociones arrastran los mismos inconvenientes que las anteriores; uno bien podría preguntarse si las relaciones son universales o deben entenderse desde una perspectiva nominalista; o cómo, si se observan dos instancias similares de una estructura en distintos momentos, o en laboratorios diferentes pero al unísono, deben ser analizadas respecto de su individualidad. El defensor del REO podría argüir que las dudas originadas a partir de este principio son el producto de tratar las estructuras como si fuesen objetos y que ~~las~~ ellas, a diferencia de ~~estos~~ los objetos, no tienen por qué lidiar con cuestionamientos acerca de, por ejemplo, su individualidad. Pero aunque hay buena parte de verdad en ello, podría tomarse como un intento poco elegante de evadir el problema con más astucia que rigor argumentativo. En realidad, lo que reaparece aquí es el problema de la dependencia conceptual. La repuesta a la objeción planteada por este tercer principio metodológico es, en esencia, adecuada: el fin de la reificación del concepto de estructura es precisamente evitar ambigüedades respecto de la individualidad al nivel de las nociones fundamentales con las que comprendemos los fenómenos. Lo que se observa en dos laboratorios o en uno, no es una estructura abstracta, sino un conjunto de fenómenos, propiedades observables que podemos juzgar más o menos similares y que sólo entonces piden una caracterización metafísica: ¿debemos considerarlas como un objeto individual, como un no-individuo, o como un aspecto de una red de relaciones objetivas? Lo que sigue resonando y haciendo incómoda la argumentación, es que no podemos dejar de concebir las estructuras sino sirviéndonos del concepto de objeto. El problema de la viabilidad conceptual –conlleve o no una petición de principio por parte de quien lo plantee– es uno de los mayores obstáculos para una posición como la que trato de describir aquí, y es, de hecho, lo que se encuentra detrás de varias de las objeciones clásicas al RE epistémico u óntico: “estructura” parece ser siempre un concepto relativo a un cierto dominio de objetos y al tipo de relaciones que se den entre ellos y se tomen como relevantes; hablar de “la estructura” sea como el objeto obligado al que se restringe nuestro conocimiento objetivo, ^(REO) sea como lo único que hay, ^(REO) y por ende, donde se resuelve toda objetividad, es siempre pronunciar un discurso vacío. Este es seguramente el problema conceptualmente más desafiante para el REO, pero no un punto metodológicamente insatisfactorio a la hora de evaluar si se acepta o se rechaza el nuevo marco ontológico por cargarnos con un número mayor (o menor) de nociones primitivas; y si consideramos estrictamente la exigencia del principio de

Autor
↓

simplicidad de los primitivos, no resulta de ningún modo claro que dicho principio no se vea satisfecho.

5.3.3. Causalidad

Una cuestión que se ha tratado lateralmente en la discusión de los principios metodológicos ofrecidos por Chakravartty ha sido que el REO es incapaz de dar cuenta de relaciones causales o más en general del cambio, ya que eliminando los objetos y su correspondiente perfil causal no es posible explicar cómo las estructuras motorizan al mundo físico. La misma objeción fue sostenida por Buch (2003) y Psillos (2006). French (2006) responde a esta cuestión invocando la idea desarrollada previamente por French y Ladyman en *Remodelling structural realism: Quantum physics and the metaphysics of structure* respecto de que existe una estructura modal, es decir relaciones entre los fenómenos que pertenecen a la necesidad, probabilidad, potencialidad, posibilidad. En un sentido análogo, Ladyman y Ross (2007) defienden la idea de que la ciencia identifica patrones reales que puedan corresponderse con una estructura modal (nómica) del mundo, esa defensa es, según ellos, lo que diferencia al realista estructural óptico del empirista constructivo.

Objeción

Pero sin embargo, redoblan la apuesta y afirman (en una jugada inspirada en la afirmación de Russell (1913 [1917]) que caracterizó la 'ley de causalidad' como una dañina 'reliquia de una era pasada', pidiendo su 'completa exclusión' del vocabulario filosófico) que si bien la causación, al igual que la cohesión, es un patrón representacional real útil para la comprensión de la ciencia, podría eliminarse sin pérdidas sustantivas.

El problema más notorio es que las estructuras qua entidades abstractas no parecen poder gozar de efectividad causal. Esfeld (2009) responde a ese desafío de una manera ingeniosa, desarrollando una metafísica de universales estructurales que transmiten poderes causales a sus instancias físicas. Ello, según él, "captura la esencia de las estructuras causales" (2009:188)

De cualquier modo, la idea de que las estructuras abstractas son causalmente inertes es completamente acertada. El problema, entiendo, consiste en que la noción de estructura abstracta está ligada justamente a la metafísica tradicional de la que el REO pretende escapar. Una estructura abstracta es, precisamente, una abstracción a partir de objetos metafísicamente primordiales; pero lo que esta posición defiende es exactamente lo opuesto. Existen regularidades observables que son la expresión de

relaciones modales objetivas; es decir, bajo esas apariencias regulares se postula una estructura modal responsable de ellas. La apuesta del REO es considerar que esas relaciones no resultan ontológicamente dependientes de unas entidades inobservables, sino que se trata de patrones reales metafísicamente primarios, redes de relaciones cuyos nodos son los objetos inobservables que la ciencia postula, con sus poderes y disposiciones. Pero todo ello está sustentado sobre la base más primaria de la estructura real sobre la que aparecen.

El problema de causalidad no deja, sin embargo, de ser una cuenta pendiente para el REO. Las herramientas conceptuales que pretenden contestar la objeción y dar cuenta de cómo una metafísica de estructuras puede albergar un relato coherente sobre el cambio y las relaciones causales (universales estructurales, estructuras modales, etc.), requieren todavía de un arduo trabajo para ser consideradas soluciones confiables. En cualquier caso el panorama resulta en mi opinión más bien promisorio, que disuasivo respecto de la adopción del REO. Por otra parte, las razones metodológicas esgrimidas en su contra se mostraron insuficientes, y allí en donde pueda sobrevivir la idea de que el REO es metodológicamente inadecuado, lo que en el fondo opera revitalizando las sospechas es la objeción de viabilidad conceptual. Ella es, sin dudas, un desafío latente para una posición como ésta, pero, como ya he sugerido, no constituye una razón concluyente para su rechazo.

6. Conclusión

Los objetivos de este trabajo han tenido un aspecto modesto y uno sumamente ambicioso: por una parte, procuré bosquejar un mapa general de las posiciones que se enrolan dentro del RE, mostrando el lugar que éste ocupa en el contexto de la cuestión más amplia y antigua del Realismo Científico. La palabra bosquejo no es arbitraria. La variedad de inflexiones que estas cuestiones han tenido hacen que ese mapa no pueda ser sino ensayado y que sus límites, torpes o borrosos, se pierdan en polémicas que son apenas incipientes o que están aún por venir. Esas limitaciones estuvieron claras desde el principio y este trabajo quiso ser poco más que un listado elaborado de interesantes cuestiones para resolver. Pero por otra parte, brindar un relato tan general, aportando una mirada crítica, aunque sea en dosis mínimas, es una empresa que no puede sino resultar pretenciosa. Cada detalle que se elija omitir o profundizar, cada cuestión que se decida exponer de esta o aquella manera, cada observación o sugerencia, cada mínima línea de este mapa, termina por configurar un cuadro que considerado globalmente resulta en una mirada crítica sobre una de las posiciones más influyentes de la filosofía de la ciencia contemporánea. Y eso no es poca cosa. Como se ha ilustrado en la sección 3, el RE ha motivado profundos debates sobre los presupuestos filosóficos de la tradición en la que se inscribe, incorporando reflexiones metateóricas de suma importancia para brindar un marco conceptual capaz de acoger los resultados de la ciencia moderna. Sus desarrollos en ambos aspectos han sido notables. Ha logrado capturar las intuiciones básicas (incluso las más cotidianas) sobre una ciencia que si bien se equivoca muy frecuentemente parece sin embargo estar siempre en lo cierto. Esa fuerza intuitiva ha tomado la forma de una respuesta convincente a la tensión conceptual de los argumentos del no-milagro y la MIP. Eso le ha permitido consolidarse como una posición sólida adentro del marco del debate, que goza del privilegio de ser una posición relativamente joven, que corona sin embargo la herencia de una tradición que se remonta hasta los orígenes mismos de lo que llamamos hoy filosofía de las ciencias.

En este recorrido se ha procurado ilustrar lo más ampliamente posible, respecto de cada punto de la exposición, la variedad de opiniones encontradas. Eso

ha incluido en algunos casos a las reflexiones propias. En cuanto a las evaluaciones globales, las características de esta exploración ponen al lector en primer plano. Llegado este punto debería tener disponibles buena parte de las herramientas necesarias para juzgar la pertinencia de las posiciones que han sido objeto de exposición, y si ese es el caso, el objetivo de este trabajo está cumplido.

Quisiera sin embargo brindar algunos comentarios finales que, creo, se desprenden del desarrollo histórico y conceptual del RE que aquí se ha intentado describir.

El REE ha cargado prácticamente desde su nacimiento con la cruz de la ON. La incorporación de Oraciones de Ramsey en la caracterización del REER alentó a muchos a creer que la ON era un problema tan sólo para propuestas estructuralistas como la de Russell, pero revisiones conceptuales y formales precisas de la cuestión han mostrado que ese no es el caso. Por su parte, los intentos de eludir dicha objeción, sea abandonando las Oraciones de Ramsey o modificándolas *ad hoc*, no han resultado satisfactorios. El resultado han sido posiciones que conceden demasiado al RCT (al menos lo suficiente como para que pueda ponerse en duda si se trata en realidad de alternativas estructuralistas) o que terminan por identificarse con el Empirismo Constructivo. En cualquier caso parece que no ha sido posible contestar a la ON manteniendo incólumes las intuiciones que han motivado al RE. Como se ha señalado en la sección 4, el realista estructural epistémico se encuentra ante el dilema de renunciar al realismo, o claudicar en sus compromisos estructuralistas.

Por su parte, el REO se muestra como un programa pujante que no sólo ha suscitado apasionantes polémicas en torno a problemas filosóficos de larga data como la modalidad, la noción de objeto, de individuo o las leyes científicas, sino que ha incorporado debates de vital importancia en la filosofía de la física, acercando así la filosofía general de la ciencia a las filosofías especiales. A su vez, tal como he concluido en la sección 5, las objeciones en su contra no han sido determinantes. El REO no resulta una posición metodológicamente inadecuada, en tanto se ha mostrado que no viola ninguno de los principios metodológicos propuestos por Chakravarty. Por otra parte, pese a la complejidad que representa para esa posición la cuestión de la causalidad, ésta es abordable a partir de herramientas conceptuales cuyo desarrollo está en curso, como también lo son la cuestión de la referencia o la misma caracterización formal de la noción de estructura ontológicamente primordial. La objeción de inviabilidad conceptual sigue siendo uno de los tópicos que más dificultan la defensa de una posición que requiere una revisión metafísica tan profunda, pero no es un problema insuperable. En cualquier caso, los desafíos a la intuición o a los

conceptos metafísicos ordinarios no son más problemáticos en el marco del REO, que lo que lo son en la MC.

La variedad de las cuestiones vinculadas con el desarrollo del REO (entre ellas problemas aún irresueltos incluso para la física), la necesidad de elaborar nuevas herramientas para tratar con los nuevos conceptos y la dificultad propia de concebir conceptualmente las estructuras tal como el nuevo marco ontológico lo requiere, hacen que construir un alegato exhaustivo a su favor exceda por mucho los límites de este trabajo, e incluso los míos. Me permitiré entonces listar una serie de cuestiones abiertas que los defensores del REO deberían encarar –en mi opinión– en los próximos años. En primer lugar, la noción de estructura debe ser precisada lo suficiente como para dar cuenta de los postulados metafísicos estructuralistas y dar cuenta de la continuidad estructural a lo largo del cambio teórico. Segundo, queda pendiente brindar una solución segura al problema de la subdeterminación de la teoría por los datos. Tercero, deben elaborarse las teorías estructuralistas de la modalidad, a fin de dar una respuesta aceptable al problema de la causalidad y el cambio. Cuarto, el REO debe mostrarse fuerte en otras ciencias además de la física. Quinto, si bien la ON no se ha mostrado como un problema para esta posición, han de desarrollarse argumentos concluyentes al respecto.

Los desafíos están planteados, queda ponerse a trabajar.

BIBLIOGRAFÍA

Ainsworth, P. (2009). Newman's objection. *British Journal for the Philosophy of Science*, 60, 135–171.

Bohr, N. (1988[1961]) "El cuando de acción y la descripción de la Naturaleza", Madrid: Alianza

Borge, B. (2013), "Realismo científico y teoría de la referencia: una crítica al descriptivismo causal de Stathis Psillos". *Epistemología e Historia de la Ciencia, Selección de Trabajos de las XXXIII Jornadas*, vol. 19, (pp. 63 – 69), FFyH. UNC: Córdoba, Argentina. ISBN 978-950-33-1073-1

----- (2013), "Hacia una ontología sin objetos: una defensa del Realismo Estructural Óptico en el nivel metodológico". *Filosofía Unisinos* N° 14, Vol 1, jan/apr 2013 (pp. 45-51), São Leopoldo, Brasil. ISSN 1984-8234

----- (2013) , "Realismo científico y referencia directa". *Mutatis Mutandis Revista de Estudiantes de Filosofía* N° 1 (pp. 35-47), Santiago de Chile, Chile. ISSN 0719-3378 / ISSN 0719-3386

Boyd, R. N., (1989), 'What Realism Implies and What it Does Not', *Dialectica*, 43: 5–29.

Carnap, R (1960), *Meaning and Necessity*, Enlarged Edition, Chicago, University of Chicago Press

----- (1985 [1966]) *Fundamentación lógica de la física* (trad. de Néstor Miguens) Barcelona: Alianza

- Cassirer, E. (1936) *Determinism and Indeterminism in Modern Physics*, Yale University Press.
- Chakravartty, A. (2001). The semantic or model-theoretic view of theories and scientific realism. *Synthese*, 127, 325–345.
- (2003). The structuralist conception of objects. *Philosophy of Science*, 70(5), 867–878.
- (2004). Structuralism as a form of scientific realism. *International Studies in the Philosophy of Science*, 18, 151–171.
- (2007). *A metaphysics for scientific realism: Knowing the unobservable*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Contessa, G. Empiricist Structuralism, Metaphysical Realism, and the Bridging Problem, *Analysis Reviews* Vol 70 | Number 3 | July 2010 | pp. 514–524 doi:10.1093
- Demopoulos, W. and Friedman, M. (1985). "Critical notice: Bertrand Russell's *The Analysis of Matter: Its historical context and contemporary interest*." *Philosophy of Science*, 52: 621–639. Reprinted in C.W. Savage and C.A. Anderson (eds.), (1989), *Rereading Russell: Essays on Bertrand Russell's Metaphysics and Epistemology* (Minnesota Studies in the Philosophy of Science: Volume XII). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Díez, J. (2005). 'The Ramsey sentence and theoretical content. In M. J. Frápoli (Ed.), *F. P. Ramsey: Critical reassessments* (pp. 70–103). London and New York: Continuum.
- Duhem, P. M. M., (1954 [1906]), *The Aim and Structure of Physical Theory*, P. P. Wiener (tr.), Princeton: Princeton University Press.
- (1990 [1908]) *ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ. Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*. Paris: J. Vrin
- Esfeld, M. (2009) The Modal Nature of Structures in Ontic Structural Realism. *International Studies in the Philosophy of Science* 23: 179–194
- French, S. (2006a). Identity and individuality in quantum theory. *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (URL=<http://plato.stanford.edu/>), Spring 2006 Edition.

------(2006b) Structure as a weapon of the realist. *Proceedings of the Aristotelian Society*, 106(1), 169–187.

French, S., & Krause, D. (1995). A formal approach to quantum non-individuality. *Synthese*, 102, 195–214.

------(2006). *Identity in physics: A historical philosophical, and formal analysis*. Oxford: Clarendon.

French, S. and Ladyman, J. (1999). "Reinflating the semantic approach." *International Studies in the Philosophy of Science*, 13: 103–121.

----- (2003a). "Remodelling structural realism: Quantum physics and the metaphysics of structure." *Synthese*, 136: 31–56.

------(2003b). "Between platonism and phenomenalism: Reply to Cao." *Synthese*, 136: 73–78.

Frigg, R. & Votsis, I. (2011). Everything you always wanted to know about structural realism but were afraid to ask. *European Journal for Philosophy of Science* 1 (2):227-276.

Gaeta, R. (2007). "Inducción, deducción e inferencia a la mejor explicación". *Filosofía Unisinos*, 8(2):83-93.

------(2008), "Descubrimiento, justificación e inferencia a la mejor explicación", en *Principia. An International Journal of Epistemology*, vol 12 (2), pp. 193-202.

Gentile, N. (2007). "Realismo científico y vuelo a la referencia" en Bobenrieth A. (ed.), *Ciencias formales y filosofía*, Valparaíso, Edeval.

----- (2010). "El estructuralismo empírico: ¿lo mejor de ambos mundos?" en Andrade Martins L., Lewowicz L., Mesquita Hidalgo Ferreira J. Celestino Silva C. y Al-Chueyr Pereira L. (eds.), *Filosofía e Historia da Ciência no Cone Sul: 6º Encontro*. Campinas. AFHIC. pp. 447-452

Gentile, N. y Borge, B., (2013), "La modalidad del empirismo constructivo". *Epistemología e Historia de la Ciencia, Selección de Trabajos de las XXXIII Jornadas*, vol. 19, (pp. 157 – 164), FFyH. UNC: Córdoba, Argentina. ISBN 978-950-33-1073-1

- Gower, B. (2000). "Cassirer, Schlick and 'structural' realism: The philosophy of the exact sciences in the background to early logical empiricism." *British Journal for the History of Philosophy*, 8: 71–106.
- Hacking, I., (1982), 'Experimentation and Scientific Realism', *Philosophical Topics*, 13: 71–87.
- (1983), *Representing and Intervening*, Cambridge: Cambridge University Press.
- James, W. (1979[1907]) *Pragmatism*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1979.
- Ketland, J. (2004). Empirical adequacy and Ramsification. *British Journal for the Philosophy of Science*, 55(2), 287–300.
- Kitcher, P., (1993), *The Advancement of Science: Science Without Legend, Objectivity without Illusions*, Oxford: Oxford University Press.
- Kukla, A., (1998). *Studies in Scientific Realism*. Oxford: Oxford University Press.
- Laudan, L., 1981, 'A Confutation of Convergent Realism', *Philosophy of Science*, 48: 19–48.
- Laudan, L. and Leplin, J. (1991). "Empirical equivalence and underdetermination." *Journal of Philosophy*, 88: 269–85
- Ladyman, J. (1998). "What is structural realism?" *Studies in History and Philosophy of Science*, 29: 409–424.
- (2000). "What's really wrong with constructive empiricism?: van Fraassen and the metaphysics of modality." *The British Journal for the Philosophy of Science*, 51: 837–856.
- (2002a), 'Science, metaphysics and structural realism. *Philosophica*, 67: 57–76.
- (2002b). *Understanding Philosophy of Science*. London: Routledge.
- (2004). "Modality and constructive empiricism: A reply to van Fraassen." *The British Journal for the Philosophy of Science*, 55: 755–765.
- (2005). "Mathematical structuralism and the identity of indiscernibles." *Analysis*, 65: 218–221.

- (2007). "On the Identity and Diversity of Individuals." The Proceedings of the Aristotelian Society, Supplementary Volume 81: 23-43.
- (2008). "Structural Realism and the Relationship between the Special Sciences and Physics." *Philosophy of Science*, 75: 744–755.
- Ladyman, J. and Ross, D. (with Spurrett, D. and Collier, J.) (2007). *Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalised*, Oxford: Oxford University Press.
- Leitgeb, H., & Ladyman, J. (2008). Criteria of identity and structuralist ontology. *Philosophia Mathematica*, 16, 388–396.
- Lipton, P., (1994), 'Truth, Existence, and the Best Explanation', in A. A. Derksen (ed.), *The Scientific Realism of Rom Harré*, Tilburg: Tilburg University Press.
- Lucero, S. (2008). "Empiricism, Structuralism and Scientific Change", *Principia. An International Journal of Epistemology*, vol. 12 (2). On line edition. ISSN: 1808-1711, pp. 67-96.
- (2008). "El realismo estructural es posible". In ANDRADE MARTINS, R. et al. (ed). *Seleção de Trabalhos do 5º Encontro de Filosofia e História da Ciência no Cone Sul*, Campinas, 2008. pp. 431.437.
- Lyons, T. D., 2003, 'Explaining the Success of a Scientific Theory', *Philosophy of Science*, 70: 891–901.
- Mach, E., (1886) "The Economical Natura of Physical Inquiry", en *Popular Scientific Lectures*, La Salle, III: Open Court
- Magnus, P. D. & Callender, C. (2004) *Realist ennui and the base rate fallacy*. *Philosophy of Science*, 71, p. 320-38
- Maxwell, G. (1962). The ontological status of theoretical entities. In H. Feigl & G. Maxwell (Eds.), *Scientific explanation, space, and time*, vol. 3, *Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 3–15). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- (1968). *Scientific methodology and the causal theory of perception*. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Problems in the philosophy of science*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.

----- (1970). Structural realism and the meaning of theoretical terms. In S. Winokur & M. Radner(Eds.), *Analyses of theories, and methods of physics and psychology* (pp. 181–192). Minneapolis:University of Minnesota Press.

----- (1971). Theories, perception and structural realism. In R. Colodny (Ed.), *Nature and function of scientific theories* (pp. 3–34). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.

McMullin, E. (1990). "Comment: Duhem's middle way." *Synthese*, 83: 421–430.

Melia, J. & J. Saatsi, (2006) Ramseyfication and Theoretical Content. *The British Journal for the Philosophy of Science* 57: 561–585.

Morganti, M. (2004). On the preferability of epistemic structural realism. *Synthese*, 142(1), 81–107.

----- (2008). Identity, individuality and the ontological interpretation of quantum mechanics. PhD Thesis, University of London.

----- (2009a). A new look at relational holism in quantum mechanics, forthcoming in *Philosophy of Science (Supplement)*.

----- (2009b). Individual particles, properties and quantum statistics, forthcoming *Proceedings of the 2007 Founding Conference of the EPSA*, Springer.

----- (2009c). Weak discernibility, quantum mechanics and the generalist picture, forthcoming in *Facta Philosophica*.

----- (2009d). Tropes and physics. *Grazer Philosophische Studien*, 78, 85–105.

----- (2009e). Inherent properties and statistics with individual particles in quantum mechanics. *Studie in History and Philosophy of Modern Physics*, 40, 223–231.

Newman, M.H.A. (1928). "Mr. Russell's causal theory of perception." *Mind*, 37: 137–148.

Niiniluoto, I., (1987), *Truthlikeness*, Dordrecht: Reidel.

----- (1998), 'Verisimilitude: The Third Period', *British Journal for the Philosophy of Science*, 49: 1–29.

----- (1999), *Critical Scientific Realism*, Oxford: Oxford University Press.

A. Osiander, (1987 [1545]) "Al lector sobre las hipótesis de esta obra", en Copérnico, *Sobre las revoluciones (de los orbes celestes)*, (trad. Carlos Mínguez), Madrid: Tecnos, 1987, libro I, pp. 32-33.

Post, H. (1971). Correspondence invariance and heuristics. *Studies in the History and Philosophy of Science*, 2(3), 213–255.

Psillos, S., (1995), 'Is Structural Realism the Best of Both Worlds?', *Dialectica*, 49: 15–46.

----- (1996), 'On van Fraassen's Critique of Abductive Reasoning', *Philosophical Quarterly*, 46: 31–47.

----- (1999), *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*, London: Routledge.

----- (2001), 'Is Structural Realism Possible?', *Philosophy of Science*, 68: S13–S24.

----- (2006), 'The, Structure, the Whole, Structure and Nothing But, the Structure?', *Philosophy of Science*, 73: 560–570.

----- (2009), *Knowing the Structure of Nature: Essays on Realism and Explanation*, London: Palgrave Macmillan.

----- (2012). "Adding Modality to Ontic Structuralism: An Exploration and Critique." in E. Landry and D. Rickles (eds), *Structure, Object, and Causality*, Western Ontario Series in Philosophy of Science; Dordrecht: Springer, 169-186.

Poincaré, H. ([1946]1913) *The Value of Science*, translated by George B. Halsted, in H. Poincaré, *The Foundations of Science: Science and Hypothesis, The Value of Science, and Science and Method*, Lancaster, PA: The Science Press.

----- ([1952]1905) *Science and Hypothesis*, New York: Dover

Post, H. (1971). Correspondence invariance and heuristics. *Studies in the History and Philosophy of Science*, 2(3), 213–255.

Putnam, H., (1985 [1975]), *Philosophical Papers*, vol. 2: *Mind, Language and Reality*, Cambridge University Press.

----- (1975), *Mathematics, Matter and Method*, Cambridge: Cambridge University Press.

----- (1978). *Putnam, H. Meaning and the Moral Sciences*. London: Routledge and Kegan Paul

Redhead, M. (2001a) 'The Intelligibility of the Universe', in A.O'Hear (ed.) *Philosophy at the New Millennium*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 73-90.

----- (2001b). 'Quests of a realist', review article of Stathis Psillos's scientific realism: how science tracks truth. *Metascience*, 10(3), 341–347.

- Russell, B. (1912) *The Problems of Philosophy*, Oxford: Oxford University Press.
- (1918). *Mysticism and logic and other essays*. London and New York: Longmans, Green.
- (1919). *Introduction to mathematical philosophy*. London: George Allen and Unwin.
- (1927) *The Analysis of Matter*, London: George Allen & Unwin.
- (1948). *Human knowledge: Its scope and limits*. London: George Allen and Unwin.
- Schlick, M. (1925) *General Theory of Knowledge*, translated by A.E. Blumberg and H. Feigl, New York: Springer-Verlag.
- Suppe, F. (1977). *The structure of scientific theories*. Urbana and Chicago.
- Tegmark, M., (2006) *The Mathematical Universe*. *Foundations of Physics* 38: 101–150.
- Votsis, I. (2003). *Is structure not enough?* *Philosophy of Science*, 70(5), 879–890.
- (2004). *The epistemological status of scientific theories: An investigation of the structural realist account*. PhD Thesis, London School of Economics,
- (2011a). *Structural realism: Continuity and its limits*. In A. Bokulich & P. Bokulich (Eds.), *Scientific structuralism (Boston Studies in the Philosophy and History of Science)* (pp. 105–117). Springer.
- (2011b). *How not to be a realist or why we ought to make it safe for closet structural realists to come out*. In D. Rickles (Ed.), *Structure, objects and causality (Western Ontario Series in Philosophy of Science)*. Dordrecht: Kluwer ch. 3.
- van Fraassen, B. C., (1980), *The Scientific Image*, Oxford: Oxford University Press.
- (1997) 'Structure and Perspective: Philosophical Perplexity and Paradox' in M.L. Dalla Chiara et al. (eds.) *Logic and Scientific Methods*, Dordrecht: Kluwer Academic Press,
- (2006). "Structure: Its shadow and substance." *The British Journal for the Philosophy of Science*, 57: 275–307.
- (2007). "Structuralism(s) About Science: Some Common Problems." *Proceedings of the Aristotelian Society*, LXXXI: 45–61.

- (2008). *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*. Oxford: Oxford University Press.
- (2010). Scientific representation: Paradoxes of perspective. *Analysis*, 70(3), 511-514.
- Worrall, J., (1989), 'Structural Realism: The Best of Both Worlds?', *Dialectica*, 43: 99–124.
- , (2009), 'Miracles, Pessimism, and Scientific Realism', *PhilPapers*, <http://philpapers.org/rec/WORMPA>.
- Worrall, J., & Zahar, E. (2001). Ramseyfication and structural realism. Appendix IV in Zahar E. *Poincaré's Philosophy: From Conventionalism to Phenomenology*. Chicago and La Salle (IL): Open Court.
- Wray, K. B., (2010), 'Selection and Predictive Success', *Erkenntnis*, 72: 365–377.
- Zahar, E. (1973) 'Why did Einstein's Programme Supersede Lorentz's?', *British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 24: 95-123.
- (1996) 'Poincaré's Structural Realism and his Logic of Discovery', in Jean-Louis Greffe, Gerhard Heinzmann and Kuno Lorenz (eds.) *Henri Poincaré: Science and Philosophy*, Berlin: Akademie Verlag and Paris: Albert Blanchard.
- (2001) *Poincaré's Philosophy: From Conventionalism to Phenomenology*, Chicago and La Salle (IL): Open Court.
- (2004). Ramseyfication and structural realism. *Theoria*, 19, 5–30.