

EN DEFENSA DE LA AUTONOMÍA ONTOLÓGICA DEL MUNDO QUÍMICO

OLIMPIA LOMBARDI Y MARTÍN G. LABARCA

1.- Introducción

En la actualidad, la filosofía de la ciencia se ha diversificado y ramificado en diversas disciplinas dedicadas a analizar los problemas filosóficos de las ciencias especiales: en la bibliografía contemporánea encontramos filosofía de la física, de la biología, de la matemática, etc. Sin embargo, la filosofía de la química se encuentra generalmente ausente en esa lista. En efecto, no sólo existen muy pocas revistas especializadas en los problemas filosóficos derivados de dicha disciplina científica, sino que los filósofos de la química suelen ser confinados a las secciones correspondientes a la filosofía de las ciencias físicas en los encuentros académicos. Esta situación es particularmente sorprendente a la luz de la extensa historia de la química como disciplina científica y su posición relevante en el contexto actual de las ciencias naturales. ¿Por qué, entonces, la química ha sido en gran medida ignorada por los filósofos de la ciencia?

Tal como señalan muchos autores, esta situación se debe a ciertos supuestos acerca de la relación existente entre la química y la física. Si bien la química siguió un desarrollo histórico independiente de la física, el impactante éxito de la mecánica cuántica llevó a suponer que la química puede reducirse completamente a la física. En otras palabras, la química se concibe como una rama de la física que trata de sistemas complejos o procesos particulares, los cuales podrían 'en principio' ser descriptos y explicados por medio de la teoría cuántica. Las afirmaciones de Paul Dirac se han vuelto moneda corriente en esta línea de pensamiento: "*Las leyes físicas fundamentales necesarias para la teoría matemática de una gran parte de la física y la totalidad de la química [son] completamente conocidas desde la mecánica cuántica*" (Dirac, 1929, p.714). Si

así fuera, los problemas filosóficos de la química, cuando son considerados en profundidad, no serían más que problemas pertenecientes a la filosofía de la física.

Desde luego, este enfoque tradicional no sólo priva de legitimidad a la filosofía de la química como campo de interés filosófico, sino que también atenta contra su propia autonomía o, al menos, contra el status de la química como disciplina científica: mientras que la física es concebida como una ciencia 'fundamental' que describe la realidad en sus aspectos más profundos, la química resultaría ser una ciencia meramente 'fenomenológica' que sólo describe los fenómenos tal como se nos presentan. Esta supuesta diferencia entre ambas disciplinas justifica la jerarquía tradicional de las ciencias naturales, cuyos orígenes se encuentran en el pensamiento positivista de fines del siglo XIX. Debido entonces a esta diferencia fundamental, la física se encontraría en la cima de tal jerarquía, mientras que la química quedaría relegada a una posición inferior dado que puede ser derivada de leyes fundamentales.

Durante los últimos años, algunos autores han comenzado a desafiar este enfoque tradicional con el propósito de recuperar la autonomía de la química y, *a fortiori*, la legitimidad de la filosofía de la química. En general, los argumentos se basan en la discusión filosófica de la noción de reducción y en la distinción entre reducción ontológica y reducción epistemológica. En el caso de la relación entre la química y la física, la reducción ontológica se asume como un hecho indudable; la autonomía de la química se debe exclusivamente a la imposibilidad de reducir las leyes, explicaciones y conceptos químicos a la física teórica. El propósito del presente trabajo consiste en señalar que esta línea de argumentación no brinda las bases suficientes para desterrar la idea de una dependencia jerárquica de la química respecto de la física. La defensa de la autonomía de la química y, con ello, de la legitimidad de la filosofía de la química exige una perspectiva filosófica radicalmente diferente que permita el rechazo no sólo de la reducción epistemológica, sino también de la reducción ontológica. Sólo sobre la base filosófica de un *pluralismo ontológico* es posible admitir la autonomía ontológica del mundo químico y, con ello, revertir la idea tradicional de la 'superioridad' de la física respecto de la química.

2.- Formas de reducción

Si bien el concepto de reducción ha sido ampliamente analizado en el ámbito de la filosofía de la ciencia, en el problema que nos ocupa la discusión se centra en la distinción entre reducción ontológica y reducción epistemológica. Por reducción ontológica se entiende la dependencia ontológica de las entidades y regularidades de un estrato de la realidad respecto de las entidades y regularidades de otro estrato considerado ontológicamente fundamental. Por lo tanto, el reduccionismo ontológico es una tesis metafísica que postula la prioridad ontológica de un cierto nivel de la realidad, al cual los restantes niveles se reducen directa o indirectamente. Desde una perspectiva tradicional, la reducción epistemológica se refiere, por el contrario, a la dependencia lógica entre teorías científicas: una teoría puede reducirse a otra cuando puede deducirse de aquélla. De este modo, el reduccionismo epistemológico resulta ser una tesis epistemológica según la cual la ciencia puede (o debe) ser unificada deduciendo todas las teorías científicas a partir de una única teoría privilegiada.

Bajo la influencia del giro lingüístico del siglo XX, la filosofía de la ciencia tradicional centró su interés principalmente en la reducción epistemológica. El enfoque clásico acerca de la reducción epistemológica se encuentra en el libro *The Structure of Science*, donde Ernest Nagel (1961) concibe la reducción como una relación lógica entre teorías: la teoría reducida es una consecuencia lógica de la teoría reductora más algunas definiciones que conectan los términos de la teoría reducida con los términos de la teoría reductora. Según Nagel, el caso paradigmático de reducción interteórica es el de la reducción de la termodinámica a la mecánica estadística; esta idea pasó a convertirse en un lugar común de la filosofía de la ciencia durante largo tiempo: *“La teoría clásica del calor ha sido reducida a la mecánica estadística”* (Kemeny y Oppenheim, 1956, p.7). Tal supuesto condujo a Nagel a considerar que el término ‘temperatura’ de la termodinámica puede reducirse definicionalmente a términos de la mecánica estadística: la temperatura se identifica con el valor medio de la energía cinética de las moléculas que componen un gas (Nagel, 1961, Cap. 11).

Durante las últimas décadas, la aplicabilidad del modelo de Nagel de reducción interteórica ha sido severamente cuestionada. Muchos autores han enfatizado que los ejemplos de reducción epistemológica ‘a la Nagel’ son triviales y no se encuentran bien fundamentados (*cfr.*, por ejemplo,

Primas, 1998; Scerri y McIntyre, 1997). En efecto, la relación entre teorías diferentes es mucho más sutil que lo que supone la perspectiva tradicional: en general, los nexos interteóricos involucran procedimientos de paso al límite o introducción de grano grueso, aproximaciones y otras técnicas matemáticas mucho más complejas que la simple deducción lógica propuesta por Nagel (*cfr.* Rohrlich, 1988, 1990). Más aún, algunos trabajos recientes han puesto de manifiesto que el análisis de las relaciones formales y conceptuales entre teorías abre nuevos campos de investigación: existen fenómenos complejos que habitan en los confines asintóticos entre teorías relacionadas por límites singulares (Batterman, 2002).

En resumen, los filósofos de la ciencia contemporáneos concuerdan en rechazar la relevancia del modelo deductivo de Nagel para explicar los nexos entre teorías científicas, incluso en el ámbito de una ciencia particular como la física. Como veremos, ésta discusión reaparecerá cuando el problema a elucidar sea la relación particular entre la física y la química.

3.- La defensa de la química como disciplina científica

Como afirma Gavroglu (1997), a partir del desarrollo de la microfísica desde fines del siglo XIX, los problemas filosóficos derivados de las peculiaridades de la química han sido ignorados por los filósofos de la ciencia. Sólo durante las últimas décadas algunos autores han comenzado a intentar 'liberar' a la química de las formas de pensamiento de la física. En algunos casos, la autonomía de la química como disciplina científica es defendida en términos históricos, enfatizando las diferentes tradiciones históricas que marcaron la evolución de la física y de la química (*cfr.* Vancik, 1999). Sin embargo, la más frecuente línea de argumentación propuesta por los filósofos de la química para defender la autonomía de la química y la legitimidad de su propio campo de investigación filosófica es la que enfatiza la imposibilidad de reducción epistemológica de la química a la física. Si bien los argumentos particulares difieren entre sí, los autores concuerdan en considerar que las descripciones y los conceptos químicos no pueden derivarse de los conceptos y las leyes de la física, tal como lo supone el reduccionismo epistemológico. Por ejemplo, van Brakel (1997) analiza la tradicionalmente aceptada reducción de la termodinámica a la mecánica estadística señalando correctamente que, en general, la temperatura no puede definirse como la energía cinética molecular media: esto es verdadero para gases perfectos compuestos de

moléculas ideales ('bolas de billar') en movimiento aleatorio, pero no para sólidos, plasmas o en el vacío. Según van Brakel, todos los problemas que involucran reducción interteórica parecen relacionarse con la noción macroscópica de equilibrio, una noción central de la termodinámica: por ejemplo, el concepto macroscópico de temperatura sólo tiene sentido para sistemas en equilibrio pero, microscópicamente, no hay tal cosa como equilibrio.

En su rechazo de la reducción epistemológica de la química a la física, Vemulapalli y Byerly (1999) afirman que la reducción epistemológica falla incluso en casos relativamente sencillos: en general, las propiedades de un sistema químico no pueden ser explicadas en términos de las propiedades de los microcomponentes físicos; y aún si las propiedades químicas de un macrosistema pudieran derivarse de sus microcomponentes, esto requeriría supuestos adicionales relacionados con el fenómeno macroscópico. Una de las situaciones consideradas por estos autores es el equilibrio en sistemas compuestos no ideales: si bien existe un método para relacionar las propiedades de un sistema con las actividades de sus componentes, los valores numéricos de las actividades individuales deben derivarse empíricamente a partir de experimentos sobre el sistema, o teóricamente postulando fuerzas intermoleculares u otras hipótesis *ad hoc* ajenas al cuerpo principal de la teoría; en cualquier caso, las actividades individuales no pueden deducirse de las teorías que rigen el comportamiento de los microcomponentes del sistema. De manera análoga, en el caso de sistemas no ideales en termodinámica estadística, las ecuaciones de estado utilizadas para estimar la energía de interacción entre las moléculas no pueden deducirse de ninguna teoría fundamental. Sobre la base de éstos y otros ejemplos, Vemulapalli y Byerly (1999, p.37) concluyen que: "*La reducción epistemológica falla radicalmente cuando se intenta derivar las explicaciones químicas específicas a partir de la física fundamental [...] sólo tiene éxito en derivar resultados químicos suponiendo datos químicos*". En la misma línea de argumentación, Benfey (2000, p.198) afirma: "*Hay un límite intrínseco para que la física pueda predecir los fenómenos de la química [...] sólo los datos químicos pueden indicar qué aproximación mecánico-cuántica es válida*".

Desde una perspectiva similar, Scerri y McIntyre (1997) introducen la distinción entre "*reducción cuantitativa*" y "*reducción conceptual*". La primera se refiere al cálculo de propiedades químicas a partir de teorías físicas, en particular, de la mecánica cuántica. Esta clase de reducción requiere técnicas de aproximación que sólo pueden justificarse sobre una

base *post hoc*, esto es, sobre la base de datos observados experimentalmente. Por otra parte, la reducción conceptual se refiere a la definición de conceptos químicos en términos de conceptos físicos. Según los autores, esta forma de reducción no es posible debido a la propia naturaleza de los conceptos químicos: los conceptos de composición, enlace o estructura molecular no pueden expresarse sino sólo en un nivel químico. Como resultado de la imposibilidad de ambas reducciones, deberíamos “*renunciar a reducir epistemológicamente la química a la física*” (Scerri y McIntyre, 1997, p.220).

Las afirmaciones de los autores mencionados ponen de manifiesto que, en la actualidad, existe un amplio acuerdo entre los filósofos de la química respecto de la imposibilidad de reducir epistemológicamente la química a la física. Sin embargo, no se duda acerca de la reducción ontológica: cuando se las analiza en profundidad, las entidades químicas no son más que entidades físicas. Por ejemplo, Vemulapalli y Byerly (1999) adoptan una posición fisicalista según la cual, si bien las propiedades de un sistema químico no pueden efectivamente derivarse de las propiedades físicas, la química conserva su dependencia ontológica respecto de la física fundamental: “*La reducción ontológica, en el sentido de mostrar la dependencia de todos los fenómenos sobre procesos físicos constituyentes, ha sido un programa de investigación altamente exitoso*” (Vemulapalli y Byerly, 1999, p.18). Para estos autores, la emergencia de entidades y propiedades químicas debería ser interpretada sólo en un sentido epistemológico: la tesis ontológica del fisicalismo evita el surgimiento de entidades ‘dudosas’, carentes de respaldo científico. Desde una perspectiva similar, Scerri y McIntyre (1997, p.18) consideran que “*la dependencia ontológica de la química respecto de la física parece ser casi un resultado inevitable*”; según estos autores, el problema de la reducción –que es el problema a resolver para preservar la autonomía de la química– es una cuestión epistemológica y no ontológica. A su vez, Luisi (2002) reemplaza la distinción entre reducción epistemológica y ontológica por la distinción entre deducibilidad *en principio* y deducibilidad *efectiva* o *práctica*: las propiedades químicas son ‘en principio’ deducibles de las propiedades físicas; sin embargo, no pueden ser derivadas efectivamente de las propiedades del nivel físico “*debido a dificultades técnicas, tales como la carencia de fuerza computacional o el progreso insuficiente de nuestros conocimientos*” (Luisi, 2002, p.192). En otras palabras, si bien las propiedades de un sistema químico no son deducibles *a posteriori* de las propiedades de sus componentes físicos, la

predictibilidad *a priori* no puede negarse sin reintroducir una suerte de vitalismo inaceptable en ciencia. A su vez, Benfey (2000) recuerda la segunda parte de la frecuentemente citada afirmación de Dirac: “...la dificultad [para derivar la química de la física] sólo consiste en que la aplicación exacta de estas leyes [de la mecánica cuántica] lleva a ecuaciones demasiado complicadas para ser resueltas” (Dirac, 1929, p.714). Sobre la base de tal afirmación, Benfey señala el límite intrínseco para la deducción efectiva de la química a partir de la física: por ejemplo, el andamiaje matemático necesario para describir la densidad de electrones de una estructura tan simple como la del benceno requeriría un número de entidades superior al número de partículas fundamentales en nuestro universo.

Estas consideraciones indican que parece existir un consenso entre los filósofos de la química respecto de la relación entre la química y la física: la reducción epistemológica debe ser rechazada, pero la reducción ontológica no puede negarse. Según una opinión generalizada, las propiedades químicas son emergentes sólo en un sentido epistemológico, ya que aceptar la emergencia ontológica significaría poblar la ontología de entidades metafísicas dudosas cuya existencia no es garantizada por la ciencia.

Sin duda, la imposibilidad de reducción epistemológica de la química a la física salvaguarda la autonomía de la química como actividad científica. Los químicos pueden continuar con su trabajo sin sobresaltos, puesto que los físicos no los reemplazarán en sus laboratorios. Como afirma Benfey (2000, p.199): “Continuaremos llevando a cabo la tarea de químicos, ya que los no-químicos no están preparados para hacerlo”. Pero aquí la discusión no es corporativa, sino filosófica. A pesar de la imposibilidad de reducción epistemológica, la dependencia ontológica de la química respecto de la física coloca al mundo químico en una posición metafísica subordinada en relación con el mundo físico: las entidades químicas sólo tienen una existencia ‘derivada’, y las propiedades químicas sólo emergen debido a nuestras limitaciones técnicas o intelectuales. En otras palabras, la ‘verdadera’ realidad está poblada por las entidades y las propiedades reales de la física fundamental, mientras que la química estudia meramente los fenómenos tal como se presentan a nuestros limitados poderes de observación y cálculo. Esto significa que, aun cuando los químicos no pierdan sus trabajos, ellos describen aspectos meramente fenomenológicos, mientras que los físicos llevan a cabo el

trabajo 'serio' de descubrir la estructura más profunda y fundamental de la realidad.

La posición actual de rechazo de la reducción epistemológica de la química a la física no es suficiente para evitar las conclusiones que colocan a la química en un lugar subordinado respecto de la física. Sólo la autonomía ontológica del mundo químico puede dotar a la química del mismo status que la física en el contexto de las ciencias naturales. Como veremos en las secciones siguientes, el realismo internalista puede suministrar un marco filosófico adecuado para tratar el problema de la relación entre el mundo químico y el físico. La perspectiva internalista conduce a un pluralismo ontológico que preserva la autonomía del mundo químico, pero evita la intromisión de entidades o propiedades 'fantasmas' carentes de respaldo científico.

4.- Realismo internalista

Como ha sido señalado, la idea que predomina entre los filósofos de la química actuales consiste en considerar que el problema de la autonomía de la química debe ser tratado exclusivamente en términos epistemológicos y no ontológicos. Esto explica por qué son tan pocos los autores que abordan el problema del realismo en el contexto de las relaciones entre la química y la física (para una excepción, *cfr.* Gavroglu, 1997). Sin embargo, cuando esta idea es cuestionada, el problema del realismo ingresa de inmediato a la discusión filosófica. Aquí abordaremos explícitamente esta cuestión desde una perspectiva internalista, en la búsqueda de argumentos a favor de la autonomía ontológica del mundo químico.

Putnam comienza su libro *Razón, Verdad e Historia* afirmando que la aceptación de la dicotomía objetivo-subjetivo conduce inevitablemente a la elección entre dos alternativas excluyentes:

I. La adopción de la teoría de la verdad-copia, que presupone la existencia de un mundo objetivo, independiente de la mente humana. Tal mundo admite como única descripción, la 'Teoría Verdadera'.

II. El rechazo de la teoría de la verdad-copia, que conduce a una perspectiva relativista: sistemas de pensamiento, ideologías y aún teorías científicas son consideradas inevitablemente subjetivas.

El punto de partida de Putnam consiste en rechazar la tradicional dicotomía objetivo-subjetivo, su propósito es encontrar un término medio

entre realismo metafísico y relativismo radical. Putnam denomina su postura "*internalismo*" o "*realismo internalista*", que se opone al "*externalismo*" o "*realismo metafísico*" al cual suele referirse como "*la perspectiva del Ojo de Dios*" (Putnam, 1981, p.49).

Según el externalismo, los objetos del mundo existen independientemente de nuestro conocimiento —mente, lenguaje, esquemas conceptuales— y constituyen una totalidad fija. Por lo tanto, existe una única descripción verdadera y completa del mundo 'tal como es en sí mismo', cuya verdad consiste en la correspondencia entre las palabras y los objetos. Al presuponer que la referencia del lenguaje es una cierta relación entre las palabras y una ontología independiente, el externalismo requiere un punto de vista no humano, el Ojo de Dios, para determinar la referencia de las palabras y, con ello, el valor de verdad de sus enunciados.

Como afirma Pérez Ransanz (1999), la clave para comprender los desacuerdos entre externalistas e internalistas se encuentra en la noción de *objeto*. Para el internalista, "*los 'objetos' no existen independientemente de los esquemas conceptuales. Desmenuzamos el mundo en objetos cuando introducimos uno u otro esquema descriptivo*" (Putnam, 1981, p.52). A esto se refiere Putnam cuando afirma que la pregunta "¿de qué objetos consta el mundo?" sólo tiene sentido si se formula dentro de una teoría o descripción. Es siempre a través de un esquema conceptual que nos enfrentamos al mundo y lo categorizamos: de tal síntesis surgen los objetos. En otras palabras, los objetos dependen de los esquemas conceptuales en un sentido fuerte, que incluye existencia. Esto significa que los esquemas conceptuales no son meros intermediarios entre sujetos y objetos, sino que juegan un papel esencial en la constitución de los objetos (Pérez Ransanz, 1999, p.209).

Si bien enfatiza el papel del lenguaje como esquema conceptual constitutivo de la ontología, el internalismo no es una postura de corte idealista. Cuando dirigimos nuestras preguntas a la realidad independiente del sujeto, la forzamos a responder en el mismo lenguaje en que la pregunta fue formulada; no obstante, la realidad siempre conserva la capacidad de responder negativamente. Es precisamente esto lo que hace del internalismo un realismo y no un relativismo radical. Si los hechos sólo tuvieran un componente lingüístico y no un componente que proviene de la realidad extralingüística, entonces la ciencia se convertiría en un mero discurso sin referente y la existencia de laboratorios experimentales perdería su sentido.

De este modo, podemos comprender mejor cómo opera la ciencia desde una perspectiva internalista. En el lenguaje de la ciencia del siglo XIX podía preguntarse si la carga eléctrica del electrón era de $1,620 \cdot 10^{-19}$ Coulomb, puesto que la ontología de la época incluía la entidad electrón y la propiedad carga eléctrica: para ello se diseñó un experimento —descriptible en el mismo lenguaje— a través del cual la realidad extralingüística respondió positivamente. Pero en ese momento no podía preguntarse acerca de la curvatura del espacio-tiempo puesto que tal entidad no formaba parte de la ontología. En cambio, sí podía preguntarse acerca del desfasaje entre dos rayos de luz emitidos paralela y perpendicularmente al movimiento de la Tierra, desfasaje predicho por la teoría vigente: aquí la respuesta fue negativa. Frente a ello se presentaban dos alternativas. La primera era conservar el lenguaje y, con ello, la ontología, y modificar la teoría para dar cuenta del nuevo resultado: ésta fue la opción de Lorentz. La segunda alternativa era modificar el esquema conceptual, esto es, adoptar una nueva ontología y formular una teoría que explicara los hechos ahora descriptos en el nuevo lenguaje: ésta fue la opción de Einstein.

En definitiva, si bien existe una “cosa en sí” independiente del sujeto, la ontología surge sólo desde un esquema conceptual: los objetos que resultan del recorte de la realidad nouménica no son meras ilusiones o apariencias subjetivas, sino que son los únicos elementos de la ontología. Para el internalismo, ésta es la única noción significativa de objeto. En consecuencia, lo objetivo ya no es lo independiente del sujeto, sino aquello que resulta de nuestro esquema conceptual aplicado al mundo; se trata de una objetividad para nosotros, pero es la única posible desde el momento en que se renuncia a la perspectiva del Ojo de Dios.

5.- Pluralismo ontológico

Si la ontología sólo surge como resultado de la síntesis entre esquema conceptual y realidad nouménica, debe admitirse que diferentes esquemas conceptuales definen ontologías distintas; esta conclusión conduce a la conocida tesis del *pluralismo ontológico*, aspecto central del internalismo de Putnam. El pluralismo ontológico apunta en la misma dirección que la tesis de la subdeterminación de las teorías por los datos, según la cual pueden existir teorías científicas incompatibles que den cuenta del mismo conjunto de fenómenos: tales teorías son empíricamente indistinguibles pero refieren a ontologías completamente distintas. Ambas

tesis han sido empleadas en contra del realismo externalista de corte científicista, según el cual la ciencia converge hacia la descripción última de la 'verdadera' ontología –hacia la única 'Teoría Verdadera'–.

El pluralismo ontológico de Putnam ha jugado un papel relevante en las discusiones acerca del realismo y del cambio científico; sin embargo, ha sido escasamente aplicado en un sentido sincrónico, para analizar la relación entre teorías aceptadas simultáneamente en un mismo momento histórico. Pero cuando se considera esta situación de coexistencia teórica, debe aceptarse que en una misma época, e incluso en el marco de lo que podría caracterizarse en términos kuhnianos como un mismo paradigma, pueden coexistir diferentes ontologías que incluyen sus propias entidades básicas. Y si las distintas teorías aceptadas no pueden vincularse mediante reducción epistemológica, no hay razón alguna para creer que una determinada ontología tiene prioridad metafísica sobre las restantes. En la medida en que no existe el punto de vista privilegiado del Ojo de Dios, debe rechazarse la idea de una única ontología 'verdadera': todas las ontologías tienen el mismo status metafísico, puesto que todas ellas están constituidas por descripciones científicas igualmente legítimas.

El pluralismo ontológico que resulta del realismo internalista ha sido recientemente aplicado de un modo fructífero a diferentes problemas de la filosofía de la física. Por ejemplo, esta perspectiva ha sido utilizada para analizar la compatibilidad entre descripciones deterministas e indeterministas en sistemas altamente inestables (Lombardi, 2002). El pluralismo ontológico disuelve la aparente contradicción que surgiría al predicar simultáneamente determinismo e indeterminismo objetivos de un mismo sistema: cuando hablamos del mismo sistema nos referimos al mismo sustrato nouménico; pero no hay contradicción alguna al adjudicar propiedades incompatibles a ontologías diferentes. A su vez, en las discusiones tradicionales acerca de la irreversibilidad física, el núcleo del problema consiste en explicar la compatibilidad entre las macroevoluciones termodinámicas irreversibles y las microevoluciones mecánicas reversibles. En general suele afirmarse que el aumento irreversible de la entropía de Gibbs no es más que una apariencia subjetiva, mientras que la verdadera descripción viene dada por la microdinámica reversible subyacente (*cfr.* Lombardi, 1999, 2000). El pluralismo ontológico permite revertir este supuesto, confiriendo objetividad a las evoluciones macroscópicas irreversibles sin negar el carácter objetivo de la reversibilidad mecánica. Otro problema que suele discutirse en el ámbito de la filo-

sofía de la física contemporánea es el que se refiere a la no-localidad cuántica: cómo surge el mundo macroscópico local y separable que describimos con nuestras teorías clásicas a partir de una realidad cuántica no-local y holista. En la medida en que puede demostrarse que la descripción clásica surge a partir de la cuántica por medio de la introducción de un adecuado grano grueso (*cfr.* Castagnino y Gadella, 2003; Castagnino y Lombardi, 2004), la perspectiva del pluralismo ontológico permite dar cuenta del carácter objetivo del mundo clásico que percibimos y admitir, al mismo tiempo, el holismo cuántico subyacente. Los problemas del determinismo en sistemas altamente inestables, de la irreversibilidad y de la no-localidad comparten una característica común: en los tres casos el macronivel de descripción introduce una propiedad cuya objetividad no estamos dispuestos a poner en duda; el problema consiste en explicar el carácter objetivo de tal propiedad cuando el micronivel subyacente carece de ella. Es precisamente esta característica común lo que permite suponer que el pluralismo ontológico brinda el contexto filosófico adecuado para abordar los tres problemas.

Hasta aquí se han considerado problemas propios de la filosofía de la física. Sin embargo, no es difícil admitir que argumentos análogos pueden aplicarse al problema de la relación entre la química y la física. Como hemos visto, los filósofos de la química rechazan la reducción epistemológica pero aceptan la reducción ontológica de la química a la física. Esta posición se basa implícitamente en un realismo externalista o metafísico según el cual existe una única ontología ‘verdadera’: todas las entidades, propiedades y regularidades que no pertenecen a dicha ontología tienen una existencia ‘secundaria’ que depende de las entidades, propiedades y regularidades fundamentales de la única ontología real. Algunos autores hacen explícita dicha posición; por ejemplo, Ramsey (1997, p.239) sugiere la necesidad de repensar la noción de nivel dado que “[Finalmente], existe un único nivel de la realidad”. Puesto que la prioridad ontológica del mundo físico se considera un hecho indiscutible, las entidades y propiedades de la química adquieren sólo una existencia derivada. Este supuesto implica aceptar que, mientras la física estudia la única ontología objetiva –esto es, la realidad como es en sí misma–, la química describe meramente la realidad fenoménica que resulta de nuestras limitaciones intelectuales, perceptuales y técnicas. Pero este enfoque tradicional puede ser rechazado desde una perspectiva internalista consistente. Cuando se abandona la idea del punto de vista del Ojo de Dios, ya no es posible concebir la descripción de la realidad en sí misma: aún la

teoría cuántica involucra un esquema conceptual particular que constituye la ontología cuántica. Por otra parte, la química posee su propio esquema conceptual y, en consecuencia, constituye su propia ontología. Si los conceptos químicos pudieran reducirse epistemológicamente a los conceptos cuánticos, tendríamos una buena razón para creer en la reducción ontológica del mundo químico a la ontología de la mecánica cuántica. Pero cuando se acepta la irreductibilidad epistemológica de la química, no hay otro argumento más que el prejuicio del realismo metafísico para suponer la reducción ontológica. En definitiva, desde el punto de vista internalista, conceptos químicos tales como composición, enlace químico y geometría molecular refieren a entidades pertenecientes a la ontología química, la cual depende de la teoría que la constituye pero no se deriva de un nivel más fundamental de la realidad.

6.- Relaciones objetivas entre diferentes ontologías

Hasta aquí se ha enfatizado que el realismo internalista permite concebir una realidad fenoménica diversificada, donde las diferentes teorías recortan su propia ontología a partir de un mismo sustrato nouménico. Pero esto no significa que las ontologías coexistentes se encuentren completamente desconectadas, en el sentido de no estar relacionadas en modo alguno entre sí. El problema es, entonces, cómo concebir las relaciones entre ontologías coexistentes.

Tal como fue señalado, desde una posición filosófica tradicional la reducción es una relación lógica; los nexos entre teorías son conexiones lógicas, definiciones analíticas o condiciones contingentes. Esto implica que la teoría reducida no agrega contenido nomológico a la teoría reductora. Esta perspectiva es perfectamente consistente con el supuesto de una única descripción objetiva de lo real que será, sin duda, la que brinda la teoría reductora. En consecuencia, las propiedades emergentes postuladas por la teoría reducida no son en realidad propiedades, no pertenecen a la —única— ontología real. En otras palabras, los predicados emergentes no tienen referencia ontológica: sólo son medios económicos para decir lo mismo que podría decirse, en principio, sin ellos.

Este concepto tradicional de reducción es fuertemente rechazado por Primas (1998), quien subraya que la reducción no es una mera relación lógica entre teorías. Sobre la base de distintos ejemplos de la física y la química, Primas pone de manifiesto la necesidad de formular con precisión todas las condiciones auxiliares requeridas para que una teoría

pueda ser rigurosa y completamente deducida de otra. Estas condiciones auxiliares constituyen el *contexto* que define el dominio de validez de la teoría deducida. En una teoría formalizada matemáticamente, el contexto puede introducirse eligiendo una nueva *topología contextual* más gruesa (*coarser*), compatible con la topología más fina de la teoría más básica. En tales topologías, ciertos límites asintóticos dan lugar a propiedades emergentes que no están disponibles en la descripción más fina: “*En este sentido matemático preciso puede hablarse de la emergencia de nuevas cualidades en descripciones de un nivel más alto*” (Primas, 1998, p.86). De este modo, la especificación del contexto es, al menos, tan importante para la relación interteórica como las leyes de la teoría más fina. Primas introduce la idea de *ontología contextual* como referencia de la teoría dependiente de un contexto: los objetos contextuales y las propiedades emergentes son los elementos de los diferentes niveles ontológicos.

Atmanspacher y Kronz (1998) extienden las ideas de Primas con su noción de *onticidad relativa* –derivado de la relatividad ontológica de Quine–, según la cual una ontología reducida puede convertirse en ontología reductora respecto de un nivel superior; de este modo, las diferentes ontologías contextuales, con sus correspondientes entidades emergentes, se organizan jerárquicamente en niveles de complejidad creciente. Esto significa que una teoría derivada de otra más básica puede convertirse en teoría reductora respecto de una teoría de nivel superior si el nuevo contexto se especifica adecuadamente. Desde este punto de vista, las ontologías contextuales con sus correspondientes propiedades emergentes, pueden estar jerárquicamente organizadas en niveles de complejidad creciente: “*El problema es, entonces, utilizar el nivel de descripción adecuado para un contexto dado, desarrollar y explorar las relaciones bien definidas entre diferentes niveles*” (Atmanspacher, 2002, p.52).

Estas ideas resultan particularmente relevantes desde la perspectiva internalista, en la medida en que parecen apuntar a un pluralismo ontológico según el cual objetos y propiedades son siempre relativos a un esquema conceptual. Sin embargo, existe una diferencia importante entre este enfoque y la perspectiva internalista. Las nociones de *ontología contextual* (Primas) y *onticidad relativa* (Atmanspacher y Kronz) están basadas en la distinción entre descripciones ónticas y epistémicas introducida por Scheibe (1973) en el contexto de la mecánica cuántica. Las descripciones *ónticas* se refieren a las cosas ‘tal como realmente son’, in-

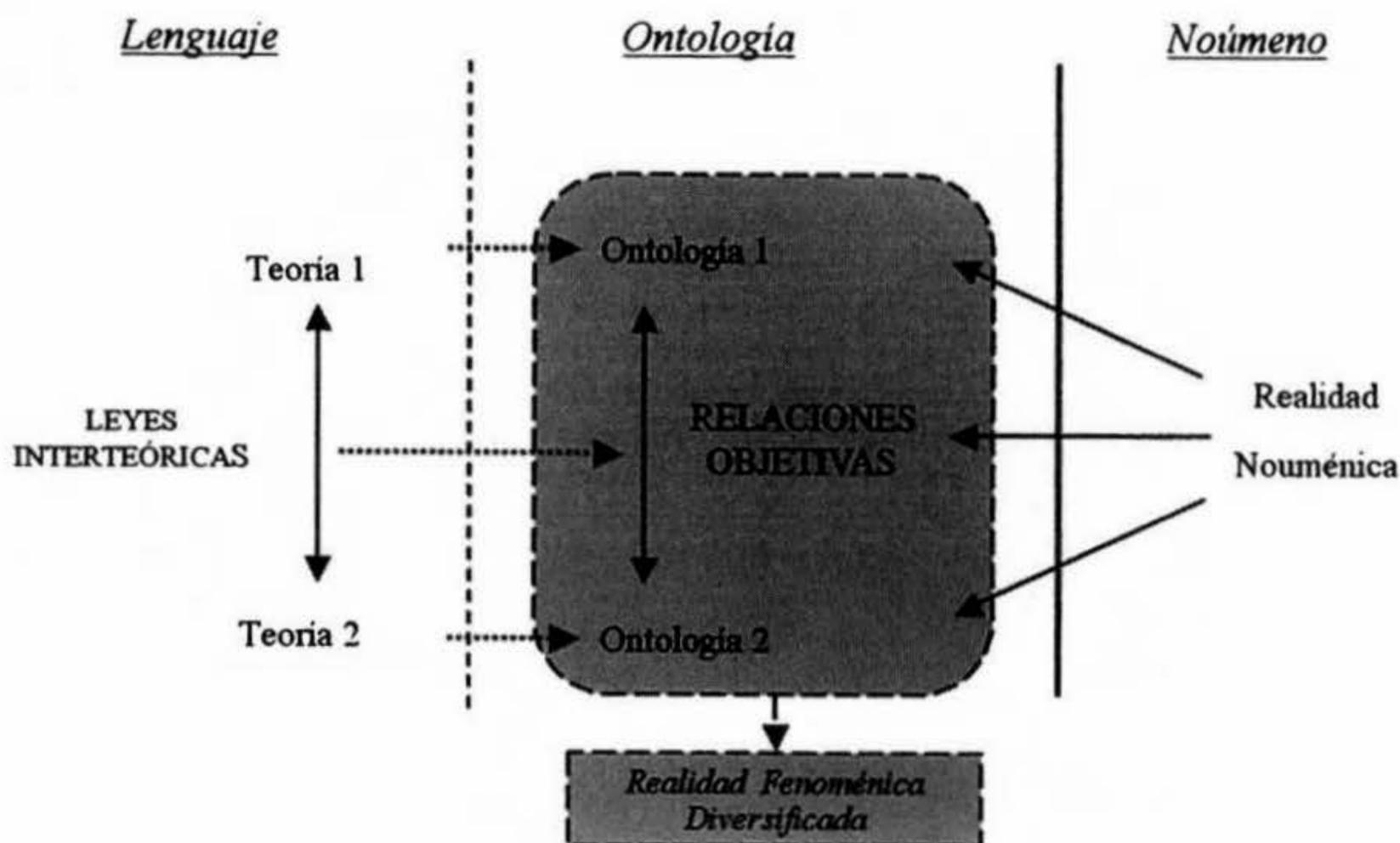
dependientemente de cualquier contexto epistémico; las descripciones *epistémicas* hacen referencia a nuestro conocimiento parcial de las propiedades de un sistema. Las teorías dependientes de un contexto son, entonces, las descripciones epistémicas, y es allí donde surgen las propiedades emergentes (para mayores detalles, *cfr.* Atmanspacher, 2002). Desde una perspectiva internalista, por el contrario, no existe modo alguno de describir las cosas ‘tal cual son en sí mismas’: siempre accedemos a la realidad a través de nuestros esquemas conceptuales. Si se abandona el punto de vista del Ojo de Dios, ya no existe una perspectiva privilegiada, y todas las descripciones tienen el mismo nivel de objetividad –todas las ontologías son igualmente reales–. De este modo, no podemos suponer que las teorías fundamentales describen la realidad en sí misma –esto es, la realidad nouménica–, dado que tales teorías conllevan también esquemas conceptuales a través de los cuales se constituyen las ontologías relativas.

Pero entonces, ¿cómo concebir las relaciones entre ontologías relativas –y, correspondientemente, entre diferentes teorías– desde la perspectiva internalista? Primas está en lo correcto cuando rechaza el concepto tradicional de reducción, pero este rechazo no es suficiente para explicar las conexiones entre teorías que conducen a diferentes ontologías. Tal explicación requiere tomar una decisión acerca del status de las condiciones auxiliares necesarias para establecer la conexión entre diferentes teorías. Primas y Atmanspacher eligen la opción de suponer que el contexto requerido para la conexión interteórica consiste en condiciones puramente convencionales. Es en este sentido que Atmanspacher habla de “*contextos o condiciones contingentes*” (Atmanspacher, 2002, p.52). Así, el contexto es lo que nos permite retener aquello que consideramos como relevante, y dejar de lado los elementos que consideramos no esenciales para nuestros propósitos: “*El contexto de una descripción operacional está dado por la distinción entre aquello que consideramos relevante, y lo que es irrelevante para un experimento particular u observación*” (Primas, 1998, p.83). En otras palabras, el pasaje de un cierto nivel de descripción a otro involucra una abstracción; esto es, dejamos de lado algunos aspectos irrelevantes y “*ontologizamos*” los objetos contextuales y las propiedades “*como si realmente existieran*” (Primas, 1998, p.96). En consecuencia, la descripción epistémica se refiere a nuestro conocimiento parcial de la ontología descrita por la teoría óntica. Aunque útil, éste conocimiento parcial sólo refleja algunos aspectos de la ontología básica.

La pregunta es, entonces, ¿puede la distinción óntico-epistémico justificar la objetividad de las propiedades emergentes? Parece claro que, dado que las propiedades emergentes pertenecen al nivel epistémico, son sólo meras construcciones basadas en nuestro conocimiento parcial de las propiedades reales de un sistema y, por lo tanto, no son más que herramientas descriptivas útiles pero prescindibles: la emergencia no es ontológica, sino sólo una cuestión de descripción. Esta posición concuerda con la visión de Vemulapalli y Byerly (1999), según la cual la emergencia debe ser entendida exclusivamente en un sentido epistemológico. En otras palabras, la distinción óntico-epistémico no puede justificar que las propiedades emergentes posean el mismo status ontológico que las propiedades fundamentales, ya que oculta una posición que no se aleja demasiado del tradicional realismo metafísico –externalista– con su adopción de una única y ‘verdadera’ ontología fundamental.

Para defender la autonomía de las ontologías relativas y, como consecuencia, la objetividad de las propiedades emergentes, es necesario enfatizar que los elementos requeridos para interconectar las diferentes teorías no son elementos contingentes ni factores convencionales, sino que poseen un *contenido nomológico*. Esto implica dejar de lado la visión tradicional, según la cual el contenido nomológico de la ciencia se concentra en las llamadas ‘leyes’ de las teorías, mientras que las condiciones contextuales y auxiliares representan los aspectos contingentes de cada situación (*cf.* Wilson, 1989). Desde esta nueva perspectiva, los nexos entre teorías no juegan un papel tan pasivo como sugiere el enfoque tradicional, sino que expresan una parte esencial de nuestro conocimiento científico. En otras palabras, el contexto requerido para la conexión interteórica no es sólo una mera herramienta para describir algunos aspectos de una única ontología en respuesta a nuestros propósitos prácticos o a nuestras limitaciones preceptuales o tecnológicas; por el contrario, tal contexto tiene un carácter nomológico. La idea puede expresarse de una manera intuitiva afirmando que, además de las leyes ‘horizontales’ intrateóricas, existen también leyes interteóricas ‘verticales’ que conectan distintas teorías y que refieren a las *relaciones objetivas entre ontologías relativas pero igualmente objetivas*. Desde esta perspectiva filosófica, vivimos en una realidad fenoménica estratificada, organizada en múltiples niveles ontológicos, cada uno de los cuales se encuentra relacionado de un modo no trivial con los otros niveles (ver esquema). Podemos así explicar la emergencia ontológica de propiedades en esta realidad diversificada: las propiedades emergentes no son meras construc-

ciones basadas en nuestro conocimiento parcial de una única ontología; son propiedades objetivas, con el mismo status ontológico que las propiedades fundamentales, y reflejan la estructura diversificada de nuestra realidad.



Este esquema no-reductivo de una realidad diversificada es el marco filosófico que nos permite defender la autonomía ontológica del mundo químico. Dado que cada esquema conceptual constituye una ontología relativa cuando recorta sus propias entidades y propiedades sobre el mismo sustrato nouménico, la ontología química es tan teórico-dependiente como la ontología cuántica: puesto que no existe perspectiva privilegiada, ambas son igualmente objetivas. El supuesto tradicional de la dependencia ontológica del mundo químico respecto del mundo de la física se basa en el realismo metafísico y su infructuosa búsqueda de la única ontología 'real', así como en la injustificada creencia de que la mecánica cuántica describe, al menos aproximadamente, la realidad en sí misma. Una vez que admitimos que sólo tenemos acceso a la realidad a través de nuestras teorías, la ilusión del descubrimiento final se desvanece. Como resultado, la ontología química no depende ya de una ontología más fundamental, sino sólo del esquema conceptual que la constituye. El hecho de que el mundo de la química no se reduzca ontológicamente al mundo de la física no significa que ambas ontologías carezcan por completo de interrelaciones mutuas; por el contrario, se encuentran interconectadas por nexos nomológicos no-reductivos que permiten la existencia de relaciones objetivas entre ambos mundos, pero preservan la autonomía

ontológica de cada unos de ellos. Sobre esta base, las propiedades químicas emergentes, como enlace químico, geometría molecular o quiralidad, no necesitan referirse a propiedades físicas para adquirir legitimidad ontológica: son propiedades pertenecientes al mundo de la química, y su objetividad no depende de la posibilidad de ser ontológicamente reducidas a las propiedades supuestamente más básicas de la física. Sólo aceptando la autonomía del mundo químico, la muy conocida eficiencia causal de las propiedades químicas puede explicarse sin recurrir a entidades espúreas ni a propiedades aparentes, sólo debidas a nuestro acceso limitado a la realidad.

7.- Conclusiones

La cuestión de la relación entre la química y la física es un problema filosófico y, como tal, debe ser abordado con argumentos filosóficos. En este trabajo hemos argumentado que, si bien la imposibilidad de reducción epistemológica de la química a la física puede preservar la autonomía del trabajo cotidiano de los químicos, no resulta suficiente para desterrar la concepción tradicional de la química como disciplina secundaria, meramente fenomenológica: sólo el rechazo de la reducción ontológica puede revertir dicho supuesto.

El objetivo principal de este trabajo ha consistido en presentar un marco filosófico, basado en el realismo internalista de Putnam, que permite la coexistencia de ontologías diferentes pero igualmente objetivas, interconectadas por relaciones objetivas no-reductivas. Sobre la base de este marco de referencia puede justificarse la autonomía ontológica del mundo químico mediante argumentos filosóficos consistentes. A su vez, tal autonomía coloca a la química en la misma posición jerárquica que la física dentro del contexto de las ciencias naturales. Cuando la química comience a ser concebida no como una ciencia subordinada dedicada al estudio de entidades secundarias y derivadas, sino como una disciplina científica referida a un ámbito ontológicamente autónomo, podrá adquirir también legitimidad como un área de interés filosófico: los problemas químicos merecen atención filosófica particular, dado que no pueden reducirse a los problemas tradicionalmente discutidos en la filosofía de la física.

CONICET - Universidad Nacional de Quilmes - Universidad Autónoma de Madrid

*Universidad Nacional de Quilmes - Universidad Nacional de San
Martín*

Agradecimientos: Este trabajo fue posible gracias al apoyo del CONICET, de la Universidad Nacional de Quilmes y de la Secretaría de Estado de Educación y Universidades de España.

Referencias

- Atmanspacher, H. (2002), "Determinism is Ontic, Determinability is Epistemic", En: H. Atmanspacher y R. Bishop (eds.), *Between Chance and Choice: Interdisciplinary Perspectives on Determinism*, Imprint-Academic, Thorverton, England, pp. 49-74.
- Atmanspacher, H. y Kronz, F. (1998), "Many Realisms", En: G. Farre y T. Oksala (eds.), *Acta Polytechnica Scandinavica*, **91**, pp. 31-43.
- Batterman, R. (2002), *The Devil in the Details. Asymptotic Reasoning in Explanation, Reduction, and Emergence*, Oxford University Press, Oxford.
- Benfey, T. (2000), "Reflections on the Philosophy of Chemistry and a rallying call for our discipline", *Foundations of Chemistry*, **2**, pp. 195-205.
- Castagnino, M. y Gadella, M. (2003), "The Role of Self-Induced Decoherence in the Problem of the Classical Limit of Quantum Mechanics", *Los Alamos National Laboratory*, quant-ph/0306014.
- Castagnino, M. y Lombardi, O. (2004), 'Self-Induced Decoherence: A New Approach', *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, Vol. 35, Nº 1, pp. 73-107.
- Dirac, P. A. M. (1929), "Quantum Mechanics of Many-Electron Systems", *Proceedings of the Royal Society*, **A338**, pp. 714-733.
- Gavroglu, K. (1997), "Philosophical Issues in the History of Chemistry", *Synthese*, **111**, pp. 283-304.
- Kemeny, J. G. y Oppenheim, P. (1956), "On Reduction", *Philosophical Studies*, **7**, pp. 6-19.
- Luisi, P. L. (2002), "Emergence in Chemistry: Chemistry as the Embodiment of Emergence", *Foundations of Chemistry*, **4**, pp. 183-200.
- Lombardi, O. (1999), "El Fin de la Omnisciencia: la Respuesta de Prigogine al Problema de la Irreversibilidad", *Theoria*, **14**, pp. 489-510.
- Lombardi, O. (2000), "La Interpretación de la Irreversibilidad: Prigogine versus Gibbs", *Diálogos*, **XXXV**, pp. 37-56.
- Lombardi, O. (2002), "Determinism, Internalism and Objectivity", En: H. Atmanspacher y R. Bishop (eds.), *Between Chance and Choice: Interdisciplinary Perspectives on Determinism*, Imprint-Academic, Thorverton, England, pp. 75-87.
- Nagel, E. (1961), *The Structure of Science*, Harcourt, Brace & World, New York.
- Primas, H. (1998), "Emergence in Exact Natural Sciences", in G. Farre and T. Oksala (eds.), *Acta Polytechnica Scandinavica*, **91**, pp. 83-98.
- Pérez Ransanz, A. R. (1999), *Kuhn y el Cambio Científico*, Fondo de Cultura Económica, Mexico.
- Putnam, H. (1981), *Reason, Truth and History*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Ramsey, J. (1997), "Molecular Shape, Reduction, Explanation and Approximate Concepts", *Synthese*, **111**, pp. 233-251.
- Rohrlich, F. (1988), "Pluralistic Ontology and Theory Reduction in the Physical Sciences", *British Journal for the Philosophy of Science*, **39**, pp. 295-312.
- Rohrlich, F. (1990), "There is Good Physics in Theory Reduction", *Foundations of Physics*, **20**, pp. 1399-1412.
- Scerri, E. y McIntyre, L. (1997), "The Case for the Philosophy of Chemistry", *Synthese*, **111**, pp. 213-232.
- Scheibe, E. (1973), *The Logical Analysis of Quantum Mechanics*, Pergamon Press, Oxford.
- Van Brakel, J. (1997), "Chemistry as the Science of the Transformation of Substances", *Synthese*, **111**, pp. 253-282.
- Vancik, H. (1999), "Opus Magnum: An Outline for the Philosophy of Chemistry", *Foundations of Chemistry*, **1**, pp. 242-256.
- Vemulapalli, G. K. y Byerly, H. (1999), "Remnants of Reductionism", *Foundations of Chemistry*, **1**, pp. 17-41.
- Wilson, M. (1989), "John Earman's: A Primer on Determinism", *Philosophy of Science*, **56**, pp. 502-532.