



Scripta Philosophiæ Naturalis 15 (2019)

ISSN 2258 – 3335

PROBLEMAS CIENTÍFICOS Y FILOSÓFICOS EN LA QUÍMICA CONTEMPORÁNEA

Ricardo Mauricio ÁGREDA ROJAS

(* Ponencia ante el VII Simposio
del Círculo de Filosofía de la Naturaleza
Universidad Austral de Chile, Valdivia, 21-23 de Noviembre de 2018

RESUMEN: El odio popular a la química por causa de la contaminación de las industrias, la mala enseñanza de esta ciencia y el deseo de reducirla totalmente a la física, han contribuido a que la química sea una ciencia ignorada, mal entendida y aburrida. Incluso hasta hace poco no era tomada en cuenta seriamente por la filosofía. Sin embargo, en los últimos años la química está ocupando un papel importante en el proyecto futurista de la humanidad y consiguiendo una notoria atención por parte de la reflexión filosófica. El objetivo del siguiente texto es hacer una invitación a profundizar en la química y en la filosofía de la química mostrando algunos de los problemas científicos y filosóficos que existen en esta ciencia y en esta rama de la filosofía en la actualidad.

Palabras clave: Química, filosofía de la química, problemas científicos y filosóficos, reflexión filosófica.

Introducción

No se conoce exactamente en qué momento la ciencia química se separa de su antecesora la alquimia. Esto hace que la historia de la química sea muchas veces oscura e incomprendida. Añadiendo a esto que el conocimiento popular señale a la química como una ciencia productora de maldad debido a la contaminación de algunas industrias químicas, hace que esta ciencia también sea odiada. Asimismo, el interés filosófico que ha suscitado la química ha sido casi nulo en la evolución de dicha ciencia y los pocos filósofos que la han tocado antiguamente producían ideas generales de la ciencia y no entendían lo que la química muestra realmente y esto puede ser debido a que pocos filósofos tenían, o poca relación con un laboratorio químico, o poco conocimiento sobre esta ciencia.

No es sino hasta hace muy poco (la primera conferencia de filosofía de la química fue llevada a cabo en 1997 por la sociedad internacional de filosofía de la química ISPC) (Baird, Scerri, & McIntyre, 2013) que una gran cantidad de filósofos (aunque pequeño comparado con la cantidad de filósofos interesados en otras áreas como filosofía de la física o filosofía de la biología) han puesto a la química en su foco de atención. Opinamos que esto debe ser entendible por el papel que está jugando la química en la actualidad. Las investigaciones en fármacos óptimos, las síntesis de nuevas sustancias químicas, la creación de nuevos materiales, las investigaciones en química prebiótica para encontrar el origen de

la vida o la obtención de nuevas propiedades en la materia, son algunos de los ejemplos que hacen ver realmente el crecimiento desbordante de esta ciencia. Las investigaciones en química producen miles de textos nuevos al año, incluso muchas más que las investigaciones en física, biología o filosofía.

Hoy en día los filósofos en conjunto escriben tantas publicaciones en un año como los químicos en cuatro días. Irónicamente, la cifra revela un principio general sobre el interés de los filósofos de la ciencias: cuanto menor es la disciplina, tanto más escriben los filósofos sobre ella... (Schummer, 2013).

Aunque la aseveración de Joachim Shummer sea asombrosa, es verdadera. Existe aún muy poco interés de la filosofía por la ciencia química. Es por esto que en el presente texto mostraremos, en primer lugar, algunos de los problemas científicos que está atravesando esta ciencia. En segundo lugar, nos dedicaremos a exponer los problemas filosóficos investigados en la filosofía de la química actual. Si bien lo hemos separado en dos partes no se debe olvidar que lo científico y lo filosófico están relacionados directamente y que no pueden estar aislados. Solo entendiendo que uno está compenetrado en el otro y que cada problema puede relacionarse con otros campos de estudio podremos adentrarnos en la química y su filosofía.

§ 1. – La nanotecnología: creación de nuevos materiales

La química es la ciencia que estudia la naturaleza, transformación y propiedades de la materia a escalas mayores e iguales al átomo. La nanotecnología es una rama de la química que desarrolla los procesos necesarios en cuerpos entre 1 y 100 nanómetros (un nanómetro es igual a 10^{-9} metros) estudiando, diseñando, fabricando y encontrando materiales y propiedades a escalas nanométricas. Lo especial de esta rama de estudio es que cuando se entra al nivel nanoscópico se observan otras propiedades físicas y químicas (como el color o punto de fusión) de las que tiene el material macroscópico (Takeuchi, 2009).

No son solo los químicos los únicos interesados en esta área de estudio (la ingeniería y la física, por ejemplo, también están entrometidos en los estudios nanotecnológicos) pero sí son los más interesados en el estudio de las sustancias

puras y en las mezclas nanoscópicas para formar nuevas sustancias y nuevas mezclas con nuevas propiedades. En la actualidad ya se encuentran materiales diseñados con ayuda de la nanotecnología: algunos vidrios, plásticos, metales y medicinas con propiedades hidrofóbicas, superconductoras o semiconductoras son sacadas al mercado cada día. El percance que atraviesa la química respecto a esto es que los científicos desean que estas propiedades nanoscópicas puedan sintetizarse y que se conserven a nivel macroscópico, armando según sus ideales un cuerpo nuevo átomo por átomo, lo que hasta ahora se ha vuelto una tarea complicada. Este problema se vuelve aún más difícil cuando se intentan hacer estudios y modificaciones en organismos vivos, lo que se denomina como biotecnología nanotecnológica o ingeniería genética. Encontrar, estudiar y modificar los genes se volvió en pocos años en una de las principales tareas de la biotecnología.

Pero estos problemas no solo abarcan lo científico y lo tecnológico sino que, como dijimos antes, lo filosófico está directamente relacionado por lo que se han originado algunas reflexiones filosóficas para nada triviales. ¿Es ético modificar un ser vivo genéticamente? ¿Superponen las modificaciones nanotecnológicas una realidad totalmente artificial? ¿Es natural lo modificado atómicamente y molecularmente? ¿Son estas modificaciones de materiales y de seres vivos un mecanismo de poder? ¿Es estético, al no ser natural, lo modificado con la nanotecnología? ¿Son clases naturales los materiales sintetizados nanoscópicamente? Son estas solo algunas de las cuestiones dirigidas por la filosofía a estos avances científicos.

§ 2. – La química combinatoria

Imaginemos una biblioteca con todos los libros que existen, con los libros que se harán en un futuro y con los libros que se originan combinando las palabras y los párrafos de los libros anteriores. No hay duda de que sería una gran colección y que las combinaciones predecirían libros que aún no existen pero que deberán existir. Aunque parece que este imaginario no se volverá real en la literatura, sí lo está haciendo en la química, pero no son libros los involucrados sino las sustancias químicas. La química combinatoria trata exactamente de esto: elaborar bibliotecas con la información de todas las sustancias químicas que existen y haciendo que por medio de un computador reaccionen teóricamente para

encontrar otras sustancias químicas (producto de las reacciones) que aún no existen.

El objetivo de este proceder es reducir las tareas en el laboratorio experimental de hacer las reacciones tradicionalmente (experimentos manuales por ensayo y error). Ahorra tiempo, dinero y reduce percances en reacciones que suelen ser muy peligrosas, además de poder aumentar el éxito de encontrar más rápidamente un nuevo producto. Este método ya está siendo usado para poder sintetizar medicamentos haciéndolos reaccionar y probándolos virtualmente reduciendo el tiempo en que un medicamento sale al mercado, siendo su mejoría de 15 años (que es su tiempo de estudio normal) a aproximadamente 10 años (Furlan & Mata, 2012). El objetivo científico está en hacer una súper biblioteca y que no solo sirva para hacer fármacos, sino también para poder sintetizar todo lo que se nos ocurra solo conociendo las propiedades de los reactivos y sus condiciones. El problema está en cómo hacer esta superbiblioteca. Llevar a cabo esta tarea es uno de los principales objetivos de los químicos teóricos y computacionales.

Si se pudiera asistir a una superbiblioteca de sustancias y reacciones químicas ¿sería este el fin del químico experimental? Esta pregunta surge ante la necesidad que se tiene de saber qué realizaría este químico en pruebas de laboratorio al saber que una máquina lo puede hacer mejor, con menos presupuesto, más rápidamente y sin peligros. ¿Tendría algún sentido que la química estudie la transformación de la materia cuando una aplicación informática puede obtener todos los patrones sin hacer ningún experimento? ¿Será el científico suplantable por la máquina? Estas son solo algunas de las preguntas que la filosofía puede hacer acerca de la química combinatoria.

§ 3. – La química prebiótica

Una de los más relevantes dilemas de la ciencia y la filosofía es explicar y entender la naturaleza de la vida. Cómo se originó y qué es la vida, son las preguntas principales de este problema milenario. Sin embargo, parece ser que la química prebiótica puede resolverlas. Es una rama de la química que enfatiza su estudio en descubrir cuáles fueron las condiciones químicas que originaron a las entidades bióticas. Su metodología principal es un retroceso cronológico hasta poder encontrar las sustancias químicas abióticas primigenias causantes de todo el fenómeno de la vida.

La química prebiótica parece estar relativamente cerca de encontrarlo. Las últimas investigaciones declaran, experimentalmente, que los organismos que metabolizaron el oxígeno surgieron alrededor de los 3.000 millones de años (de los 4.500 millones de años que tiene de existencia la Tierra) y sugieren que antes de este tiempo tuvieron que metabolizar otras sustancias como el azufre. El problema científico de este que hacer reside precisamente en que cada vez se está volviendo más difícil encontrar rastros más antiguos, ya sea por falta de tecnología o por falta de muestras. Es por esto que la química prebiótica ha realizado, en los últimos años, una fuerte alianza con otras ciencias llegando a una interdisciplinariedad conocida como astrobiología: se trata de desentrañar los misterios de la vida interna y externa del planeta. La física y la matemática se están volviendo los mejores enlaces para este objetivo, pero constituyen también un serio problema. Un ejemplo es la biología matemática que desea reducir el fenómeno químico y biológico a ecuaciones matemáticas. El caso de Erwin Schrödinger y actualmente el de Jeremy England son algunos de los más sobresalientes (este último elaboró en 2014 algunas ecuaciones matemáticas para explicar el origen de la vida basándose en el segundo principio de la termodinámica con la disipación de la energía). Esto ocasiona que la química no solo tenga la dificultad de no contar con los medios suficientes para descubrir los orígenes de la vida sino que se encuentre también al límite de ser reducida o no a la física, y con esto, a la matemática (el problema de la reducción de la química a la física se explicará posteriormente). La reflexión filosófica se dirigiría, si la química prebiótica alcanza su objetivo, a preguntarse directamente qué hacer si se descubre el origen de la vida: ¿dejaría de ser la naturaleza de la vida un problema filosófico?

§ 4. – El realismo de las entidades químicas

La transformación en química se debe a la existencia de enlaces y orbitales atómicos y moleculares por los cuales se acoplan las sustancias y forman nuevos compuestos. Los enlaces (ya sean covalentes puro, polar, iónico, de coordinación) «...juega un papel importante en las predicciones, intervenciones y explicaciones químicas, no obstante, es un concepto difícil de definir con precisión» (García, 2018). Y en general toda la química estaría basada en la

formación y el rompimiento de enlaces. Sin embargo, los filósofos de la química reflexionan sobre el realismo que tienen dichos enlaces y orbitales. ¿Ocupan un lugar definido en el espacio? ¿Ocupan un espacio? ¿Son acaso reales los orbitales y los enlaces moleculares? Y si no fueran reales ¿se debería, de todas maneras, hablar de ellos?

Para los químicos esto no ocasiona tantos problemas como para los filósofos de esta disciplina. Para estos últimos es muy importante tener bien en claro lo que consideramos real de lo que no lo es; tener legible lo que es real solo formalmente de lo que es real naturalmente. Los enlaces y orbitales son explicados desde la mecánica cuántica, y el temor a que la química se reduzca al mundo físico cuántico es, como señalaremos más adelante, un temor de los filósofos de la química.

Por un lado, los enlaces moleculares son estudiados por varias teorías que se complementan: la teoría del enlace de valencia (TEV), la teoría del orbital molecular (TOM), la teoría del campo cristalino (TCC) y la teoría del campo ligando (TCL) para poder explicar el porqué de los enlaces y de las propiedades de las sustancias resultantes. En este campo los enlaces estudiados por Linus Pauling y Alfred Werner (Alfred Werner explicó de mejor manera los fenómenos de los enlaces de coordinación) explican los fenómenos en química. Por otro lado, los orbitales moleculares en sí son explicados con los números cuánticos n , l , m_l , m_s (número cuántico principal, número cuántico azimutal, números cuánticos magnéticos respectivamente) los que definirían el tamaño, la forma y la dirección del orbital. Conociendo esto se pueden describir y predecir los fenómenos químicos. Sin embargo nada de esto explica si los orbitales y enlaces son reales en la naturaleza o solo descripciones para entender los fenómenos químico-cuánticos. Esto nos lleva a dos preguntas: primero, si son reales ¿dónde están? segundo, si no son reales ¿por qué se habla de ellos?

Ante estas posturas y ante las observaciones sobre los fenómenos moleculares los científicos determinaron que los orbitales son solo representaciones matemáticas en donde el orbital es aquel espacio en donde existe la posibilidad de encontrar un electrón. Con estas afirmaciones los filósofos de la química optaron por algunas posturas: (I) admitir que los orbitales no son reales y que deben ser mostrados como tal en las clases de química. (II) Que los orbitales, aunque no son reales, son útiles y pueden seguir siendo usados en las clases de química. (III) Que los orbitales, aunque no existan ontológicamente en la mecánica cuántica, sí

existen en la ontología de la química molecular (el pluralismo ontológico que explica esta postura será explicado en el siguiente capítulo). Sin embargo, las posturas no están completamente delimitadas y el debate sobre la existencia de las entidades químicas aún no ha terminado.

§ 5. – El reduccionismo químico a la física

¿Es la ciencia química realmente una ciencia o es una rama de la física? La gran parte de los filósofos de la química piensan que este es el problema fundamental de toda la filosofía de la química. El debate sobre si la química es solo una parte de la física debe su origen al ideal reduccionista de Maurice Paul Dirac de 1929 en donde la química en su totalidad se podría explicar desde la mecánica cuántica (Labarca, 2005). Además del argumento del mismo Bunsen en el cual «un químico, que no es también físico, no es nada» (Vemulapalli, 2013). Estas posiciones han desencadenado un fisicismo que no ha causado estragos solo a la química sino que incluye también a la biología, a las ciencias sociales, a la psicología e incluso a las neurociencias (Schummer, *Philosophy of Chemistry*, 2010).

Esta situación originó diferentes versiones para resolver este debate. Schummer lo caracteriza así: 1° *Metaphysical or ontological reductionism* (reduccionismo ontológico o metafísico) en el cual los supuestos objetos químicos no son más que objetos de la mecánica cuántica y que la mecánica cuántica gobierna sus relaciones. 2° *Epistemological or theory reductionism* (Reduccionismo epistemológico o teoría reduccionista) en donde todas las teorías, leyes y conceptos fundamentales de la química derivan de los principios de la mecánica cuántica que es una teoría más básica y más comprensiva. 3° *Methodological reductionism* (reduccionismo metodológico) en donde los métodos de la mecánica cuántica se aplican a todos los problemas químicos. 4° *Emergentism* (emergentismo) donde existe una emergencia de nuevas propiedades derivadas de la relación de las partes que conforman al nuevo todo. Por último, *supervenience* (superveniencia) en donde las propiedades del todo dependen de las propiedades de las partes y que cada cambio de las propiedades del todo está basado en los cambios de las propiedades de las relaciones entre las

partes. Muchas de estas posturas terminan en un materialismo ya sea reductivo o no reductivo.

Algunos de los filósofos de la química reflexionan sobre estas y otras versiones para defender la autonomía de la química. Un ejemplo es el pluralismo ontológico, el cual «...admite la existencia igualmente real de diferentes ontologías sin relaciones de prioridad o independencia entre ellas...» (García. 2018) en donde una entidad puede existir en una ontología y no necesariamente en otra. Otros en cambio, adhieren firmemente a la idea según la cual el reduccionismo es real, pero el lenguaje y los conceptos son insuficientes para poder explicarlo y el objetivo debería ser reestructurar todos los términos que competen al problema. Sin embargo la reducción no solo atañe al hecho de que a los químicos se les llame físicos sino también a la idea de que a los filósofos de la química se les denomine filósofos de la física. Con esto los filósofos no solo defienden la autonomía de la ciencia química y sus practicantes, los químicos, sino también a la misma filosofía de la química.

§ 6. – Clases naturales y clases químicas

Otro de los tópicos en la filosofía de la química es saber si las clases químicas son clases naturales. Se puede decir que una clase natural es un término usado por el lenguaje usual para designar objetos estudiados por algunas ciencias naturales. La ciencia estudia la naturaleza y desea explicarla. La química, en específico, estudia las sustancias y sus transformaciones. La cuestión sobre las clases naturales y las clases químicas se centra en, primero, el querer discernir si los términos químicos que se usan para nombrar o conceptualizar las entidades estudiadas tienen un valor intrínseco o extrínseco a este término; segundo, si todas las personas que conocen la clase natural entienden lo mismo cuando se hace alusión a algún término químico o si existen algunas excepciones. La primera es algunas veces analizada con el externalismo semántico. La segunda, con el contextualismo.

Un ejemplo clásico que usan los filósofos de la química para estudiar las clases naturales y las clases químicas es el agua. Sin embargo, podemos pensar en cualquier sustancia que se nos venga a la mente. El corazón del ejemplo se encuentra en que el agua es una sustancia conformada de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, con un enlace covalente polar H_2O , la misma

sustancia que está en la naturaleza y denominada ordinariamente como agua. También podemos usar clases químicas como alcohol, aminoácido o proteína que se encuentran en la naturaleza y son nombrados ordinariamente. Sin embargo se vuelve más complejo analizarlos por la diversidad que existe debido a sus tamaños e isomerías. Con el agua, en cambio, es menos complicado.

A una persona se le hace fácil concebir la idea de que el agua esté conformada por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno (también se podría reflexionar sobre si los elementos químicos son clases naturales). Sin embargo, el líquido llamado «agua» consumido cotidianamente está lejos de parecerse a esa definición: contiene por ejemplo iones de sodio, calcio y de otras sales en pequeña cantidad aportando así a la idónea digestión. En conclusión, sería prácticamente mortal beber un líquido que esté compuesto solo de hidrógeno y oxígeno. Igualmente, aunque deseáramos consumirla naturalmente, no se encuentra en la naturaleza un líquido que *solo* este compuesto, en su totalidad, de hidrógeno y oxígeno.

En cambio, algo diferente sucede en algunos de los laboratorios de química en los cuales el líquido al que llaman agua sí se utiliza en estado *casi* puro. Esto es debido a que necesitan quitar sus iones solubles para que no interfieran en las experimentaciones. Por lo menos, hasta ahora, ya nos dimos cuenta de que existen dos clases de lo que llaman agua, la que está formada de casi solo H₂O (agua destilada) y la que contiene iones (agua bebible), sin embargo aquí no acaba la dificultad de apreciar sus clases.

Una muestra de cualquier sustancia jamás se encuentra en estado puro en la naturaleza, ya sea porque contiene otras sustancias solubilizadas en ella (como los iones de sales en el agua bebible) o porque tiene una parte isotópica e isomérica en el conjunto de todas las moléculas. Dejemos de lado el concepto de isomería (se refiere a una sustancia química que está conformada por la misma cantidad de átomo pero que están distribuidos espacialmente de manera diferente) debido a que no compete a la clase natural del agua y reflexionemos sobre su estructura isotópica (los isótopos son átomos que tienen el mismo número atómico, pero difieren en su masa atómica). El agua no solo está formada de H₂O sino que en su completitud, aunque en una mínima cantidad, también contiene isótopos de hidrogeno, como ¹H, ²H, ³H y oxígeno como ¹⁶O, ¹⁷O, ¹⁸O (el índice señala la masa atómica del elemento) y que estos, aunque en naturaleza siguen siendo el mismo elemento, difieren en sus propiedades. Es así que cuando

se conforman oxígenos con ^2H , ^3H (deuterio y tritio) se forman las denominadas aguas pesadas, las mismas que tienen otras propiedades y otros usos. De la misma forma en que se adquieren estas clases de agua se pueden obtener muchas más solo alternando los elementos isotópicos, calculándose así 18 clases de agua y esto sin contar al ^4H , ^5H que son muy inestables (un cálculo de combinatoria de agrupaciones puede ayudarnos a desarrollar cuántas clases de agua resultarían). Queda claro con esto que sea cual fuere la clase de agua cada una representa algo diferente, que «el agua no es H_2O » (Weisberg, 2013) y que cada clase de agua se usa para una diferente tarea y en un contexto diferente.

Nótese que tan solo con las clases de agua se vuelve agobiante trazar los límites de una clase natural y de una clase química, y esto no solo es así por todos los tipos de clases de sustancias que existen sino también porque la química tiene el poder de sintetizar sustancias, creando y añadiendo así nuevas clases a las ya existentes. Con la idea de síntesis se vulnera la concepción que se tiene sobre qué es una clase. Nalini Bhushan nos hace reflexionar no solo sobre el término clase sino también sobre la naturaleza de realidad de las clases químicas cuando considera tres clases de síntesis que son: (I) compuestos sintéticos que tienen su análogo en la naturaleza. (II) Compuestos sintéticos que no tienen análogo natural, y (III) un compuesto que primero se sintetiza y luego se descubre en la naturaleza. (Bhushan, 2013) Esto hace que a toda noción que tenemos de clase natural como aquello que se encuentra en la naturaleza se le tenga que añadir también lo que no está en la naturaleza (el segundo y en parte el tercer punto de Bhushan originan esta incertidumbre). Nosotros añadiríamos un cuarto (IV): compuestos que no existen en la naturaleza, que no se han sintetizado y que solo existen con un trasfondo de existir teóricamente (el ejemplo está claro cuando pensamos en todos los productos que se forman y no se sintetizan al hacer reaccionar sustancias de una biblioteca química. También todos los compuestos que se crean teórica o gráficamente en clases de química para poder realizar su nomenclatura). Los dilemas suscitados para los filósofos de la química sobre este tema son variados, sin embargo una gran parte avala la idea de repensar los términos de clase ya que «...no se puede alcanzar el criterio adecuado para separar las clases naturales de las no naturales» (Bhushan, 2013) sin abandonar el contexto en el que algunas veces se usan las clases (agua bebible, agua destilada, agua potable, agua isotópica, etc.).

§ 7. – Quimiofobia y divulgación científica de la química

La manera de enseñar química y la forma de mostrarse al ciudadano común también es algo que desea mejorar la filosofía de la química. Algunos filósofos interesados en la didáctica de la ciencia han observado que existe muy poca divulgación de la ciencia química a las personas que no son científicas y que la poca información que reciben es mediante las catástrofes químicas causadas por las industrias y divulgadas por los medios de comunicación. Aunque ya hemos destacado que las investigaciones sobre la química superan en número a las investigaciones en otras áreas, la poca divulgación científica en este campo es notoria si la comparamos con otros textos y movimientos divulgativos de otras ciencias:

En la literatura científica cotidiana, la química se encuentra totalmente [casi] ausente, en contraste con la física, la ciencia computacional, la biología e incluso las matemáticas. Casi no existe nadie que comunique la emoción que los químicos comparten por su campo con el público en general (Vivas-Reyes, 2009).

Añadimos *casi ausente* debido a que tomamos en cuenta algunos hermosos textos sobre química recreativa de autores de la antigua Unión Soviética que, aunque un tanto desactualizados, continúan teniendo el interés y la esencia de compartir el conocimiento, y porque también hacemos relieve sobre la nueva pequeña ola de divulgadores científicos de los últimos años que, aunque pocos, están comprendiendo el rol importante que tiene el enseñar ciencia de manera entretenida. Sin embargo, respecto a la química esto debería mejorar exponencialmente donde no solo la filosofía, sino también la didáctica y la historia de la química tendrán que llevar el mando para contrarrestar este problema. En cuanto al miedo a la química o quimiofobia,

La falta de comunicación en aspectos fundamentales de la química ciertamente contribuye a distorsionar la forma en la cual el público general percibe la química. Hoy en día existe una gran preocupación por asuntos ambientales como el cambio climático, el calentamiento global y la [destrucción de la] capa de ozono..., y el público una vez más percibe a la química como una de las grandes responsables por estas catástrofes (Vivas-Reyes, 2009).

A esto hay que añadir la idea común que se tiene sobre otros productos químicos como los alimentos transgénicos, los fármacos, las vacunas y los

alcances en ingeniería genética. En consecuencia, se propone que la quimiofobia precipite con una buena enseñanza, divulgación y prácticas químicas. Aquí el químico y el filósofo de la química deberán tener una posición importante desarrollando nuevas metodologías, idóneas maneras de comunicar y «...contribuir a cambiar en algo la imagen negativa que las personas tienen de la química, formulando una comunicación más imparcial entre la química y la población en general» (Vivas-Reyes, 2009).

§ 8. – La filosofía de la química y la filosofía de la mente

Algunos de los filósofos argumentan que la filosofía de la química puede relacionarse con la filosofía de la mente e incluso puede apoyar a enfrentar debates ontológicos y epistemológicos en este campo. Un ejemplo es atender, con la mirada de la filosofía de la química, el problema difícil de la conciencia. En un interesante artículo, *Reality Without Reification. Philosophy of Chemistry's Contribution to Philosophy of Mind (La contribución de la filosofía de la química a la filosofía de la mente)*, Banchetti y Llored analizan cómo algunas ideas tomadas de la filosofía de la química podrían ayudar a la filosofía de la mente para no caer en el reduccionismo. Según ellos y «en pocas palabras, la relación entre los estados mentales supuestamente emergentes y los estados cerebrales sumergidos ha sido tan problemáticamente interpretada por el emergentismo tradicional que esta posición se ha convertido, inadvertidamente, en el mejor amigo reduccionista» (Banchetti & Llored, 2016), y esto porque seguimos entendiendo el emergentismo en forma clásica que se aprecia como:

1. surgimiento de entidades complejas de nivel superior; 2. surgimiento de propiedades de nivel superior; 3. imprevisibilidad de las propiedades emergentes; 4. inexplicable / irreductibilidad de las propiedades emergentes; y 5. Eficacia causal de las entidades / propiedades emergentes sobre lo sumergido, entidades / propiedades (Banchetti & Llored, 2016).

El problema está en el hecho, según estas posturas, de que una propiedad es una característica que puede ser observada y es pública, y esto no se da obviamente con la conciencia la cual es subjetiva y, al serlo, no pueden definirse sus propiedades.

Otra idea tomada de la filosofía de la química es el hecho de que cuando se juntan dos o más sustancias y reaccionan, se obtiene otra identidad diferente de sus partes. En esta nueva sustancia no es posible encontrar la identidad de las partes, lo que hace observar que algunas propiedades e identidades no se conservan y no se puede explicar su causalidad recurriendo a sus identidades. Los filósofos de la química que apoyan esta posición argumentan que se deben repensar conceptos como conciencia, causalidad e incluso emergencia, ya que la conciencia no es una propiedad. Aunque estas posturas son recientes hacen notar que la filosofía de la mente no solo debe desarrollarse junto con las ciencias cognitivas, sino también con la física cuántica, la química y la química cuántica (Banchetti & Llored, 2016).

§ 9. – Ley y periodicidad química

Cuando se comienza a reflexionar sobre qué son las leyes científicas, los filósofos ofrecen un apoyo excepcional respecto a esto. Sin embargo suelen usar ideas muy generales ya que, o bien lo hacen usando de base a la ciencia física, o bien lo hacen teniendo en mente la idea general de lo que es la ciencia. En los últimos años y con el surgimiento de la filosofía de la química ha comenzado el cuestionamiento: ¿qué sucede con las leyes químicas? Para entender lo que es ley científica

varias listas mínimas han incluido factores tales como que una ley tendría que ser una regularidad general bien confirmada, firmemente incrustada en una teoría, confirmable por sus instancias, y no a priori verdadera... [ir] más allá de esto para afirmar que una ley también tendría que tener un alcance universal excepcional, inmutable en el tiempo y en el espacio, producir predicciones precisas... (McIntyre, 2016).

En cambio, cuando estamos haciendo ciencia, siempre hay un grado de incertidumbre porque no conocemos en completitud la naturaleza:

... las leyes se basan en nuestras descripciones de la naturaleza y debemos reconocer que las leyes no son simplemente una cuestión de ontología, sino que son el producto de un diálogo entre la naturaleza y nuestras descripciones. Las leyes no son, en cualquier sentido coherente, un «plano» de la realidad como no hay un ideal [como] el mapa que se puede dibujar para cualquier pedazo de terreno dado; depende de nuestro propósito y de los límites inherentes a nuestros poderes de representación (McIntyre, 2016).

En el ámbito de la química nos preguntamos si existen propiedades supervenientes que no sean más que «... objetos, propiedades, hechos, eventos, y similares [que] entran en relaciones de dependencia entre sí, creando un sistema de interconexiones que dan estructura al mundo y a nuestra experiencia de eso» (McIntyre, 2016). Así se comienza a entender que todas las leyes son supervenientes ya que

...[con las] entidades (epistemológicas), todas las leyes son supervenientes y dependen no solo de la ontología que las respalda, sino también de las descripciones y teorías que traemos al estudio de esa ontología. (McIntyre, 2016).

Con esto surge la pregunta si se debe llamar ley periódica a la tabla periódica de los elementos ordenados según su carga nuclear. Existen cientos de tablas periódicas, mencionan los especialistas, pero habría una sola ley periódica. Actualmente existen varias tablas periódicas, sin embargo solo una es usada con relevancia. Los filósofos de la química se cuestionan si hay una razón detrás de la periodicidad de los elementos químicos. ¿Es la ley periódica superveniente? Además, se tienen que entender

las explicaciones científicas... [como]... un diálogo entre la ontología y las descripciones y teorías que utilizamos para capturar esta ontología. Puede haber una y solo una realidad, pero hay un número infinito de formas de describirla. Y dado que nuestras leyes y teorías se basan no solo en la realidad, sino... también en estas descripciones, pueden haber infinitas leyes posibles también (McIntyre, 2016).

Ya con esto la filosofía de la química complica las cosas para entender lo que es una ley química y una ley periódica, pero además en los últimos años ha agregado esta otra pregunta que pone en apuros a los químicos: si existe una ley periódica con una tabla de periodicidad, ¿podrá existir una ley de sustancias, una periodicidad y/o tabla que expresen las sustancias compuestas? Estamos ante una pregunta interesante abordable con la química combinatoria y acerca de la cual pueden pensar los químicos y los filósofos de la química, pero por ahora no hay respuesta a la pregunta formulada.

Conclusión

Es realmente interesante darse cuenta de cómo la filosofía de la química está abordando tantos problemas significativos. Los tópicos mostrados a lo largo del texto son solo algunos de los que se estudian actualmente. Nuestro objetivo es, en suma, una invitación a profundizar la reflexión en química y en filosofía de la química.

Bibliografía

- Baird, D., Scerri, E., & McIntyre, L. (2013), «La invisibilidad de la química», in *Filosofía de la Química, Síntesis de una nueva disciplina*, Mexico : Fondo de Cultura Económica.
- Banchetti, M., & Llored, J.-P. (2016). «Reality without Reification: Philosophy of Chemistry's Contribution to Philosophy of Mind», in Grant Fisher Eric Scerri (ed.), *Essays in the Philosophy of Chemistry*. Oxford University Press.
- Bhushan, N. (2013). «¿Son las clases químicas clases naturales?» in *Filosofía de la química. Síntesis de una nueva disciplina*. (págs. 468-484). Mexico: Fondo de Cultural Económica.
- Furlan, R., & Mata, E. (2012). *Química combinatoria. Metodología relacionada con la generación de diversidad molecular*. México : Fondo de Cultura Económica.
- García Zerecero, G., «Enlace químico, orbital molecular y ontología», *Scripta Philosophiae Naturalis*, 14: 93-109 (2018).
- Gutiérrez, A. (2011). «La tabla periódica binódica como función matemática». Perú: Universidad del Cuzco.
- Labarca, M. (2005). «La filosofía de la química en la filosofía de la ciencia contemporánea». *Redes*.
- Labarca, M., & Lombardi, O. (2007). «Irreversibilidad y pluralismo ontológico». *Scientiae Zudia*.
- Labarca, M., & Lombardi, O. (2010). «Acerca del estatus ontológico de las entidades químicas: el caso de los orbitales atómicos». *Principia*.
- McIntyre, L. (2016). «Who's Afraid of Supervenient Laws?» in *Essays In The Philosophy of Chemistry*, Oxford University Press.
- Schummer, J. (2010). «Philosophy of Chemistry» in *Philosophies of the Sciences. A guide*, Singapur: John Wiley & Sons.
- (2013). «De la infancia hacia la madurez» in *Filosofía de la química. Síntesis de una nueva disciplina*, México: Fondo de Cultura Económica.

- Takeuchi, N. (2009). *Nanociencia y nanotecnología. La construcción de un mundo mejor átomo por átomo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Vemulapalli. (2013). «Fronteras ontológicas y modelos epistemológicos» in *Filosofía de la química. Síntesis de una nueva teoría*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Vivas-Reyes, R. (2009). «Filosofía de la química. Un área ampliamente olvidada», *Revista académica colombiana de ciencias*.
- Weisberg, M. (2013). «El agua H₂O» in *Filosofía de la química. Síntesis de una nueva disciplina*, México: Fondo de Cultura Económica.

* * *

Ricardo Mauricio ÁGREDA ROJAS
Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa,
Perúricardomauricioagredarojas@gmail.com