

# **Una Filosofía de la Ciencia Particular: el caso de la Química y la Tabla Periódica de los Elementos**

**Vergne, Carlos Rodolfo**

Facultad de Ciencias de la Salud (UM)

Subsede San Rafael

rodolfovergne@hotmail.com

## **1. Introducción**

Desde que surgió en el siglo XX, la Filosofía de la Ciencia ha pasado de las discusiones de las Ciencias en general, a la diversificación de los problemas filosóficos de las Ciencias especiales, como la Filosofía de física, de la biología, de la matemática, de las Ciencias sociales, etc. Sin embargo, la Filosofía de la química estaba ausente de la lista, hasta que apareció recién a finales del siglo XX (Labarca, 2005, 2007). Éste hecho sorprende a la luz de la historia de la química como disciplina científica y a su posición relevante en el contexto actual de las Ciencias naturales, de la industria y de la economía. Demográficamente, los químicos constituyen el mayor grupo de científicos (Villaveces-Cardozo, 2000). Los resultados de la química tienen un enorme impacto económico y la segunda revolución industrial fue un proceso esencialmente químico. Pero tampoco de la química surgen personas dedicadas a reflexionar sobre los fundamentos de su disciplina y su relación con otras ramas del saber (Vivas-Reyes, 2009), esto se debe a que generalmente en los programas de estudios para la formación de químicos no cuentan con Filosofía e historia de la Ciencia (Contreras, 2012). Esto hace que la química sea una disciplina muy fuertemente desarrollada en sus aspectos prácticos y aplicados, pero con bases teóricas endebles y con una relación problemática con las demás Ciencias naturales.

El presente documento tiene por objeto mostrar cómo la Filosofía de la Ciencia en la actualidad, sin dejar las problemáticas generales a todas las Ciencias, desarrolla líneas de investigación alrededor de Ciencias particulares, y dentro de ellas, analiza teorías particulares, concretas o empíricas, en el sentido de históricas. La Filosofía de la Química, de reciente aparición, contribuye a la mayor comprensión del mundo natural en cuanto material. La Tabla Periódica de los elementos químicos, y la Ley Periódica que expresa, constituyen un compendio de toda la Química, pero su desarrollo histórico hasta la actualidad, analizado epistemológicamente, muestra que aún hay problemas sin resolver.

## **2. Historia y Filosofía de la Ciencia General**

En primer lugar, la aparición de la Filosofía de la Ciencia al principio del siglo XX, permitió que la historia de la Ciencia no sea una simple colección de hechos y anécdotas sobre personajes y sus descubrimientos. Más bien, la historia está atravesada por las

problemáticas epistemológicas y ontológicas que están en los supuestos de las actividades y teorías de los científicos, que gracias a la Filosofía de la Ciencia pueden ser explicitados.

En segundo lugar, la Filosofía de la Ciencia nos brinda dos contextos básicos a tener en cuenta: el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación. Filósofos contemporáneos han agregado otros contextos importantes, como el de aplicación y el de la enseñanza de la Ciencia.

Los principales siguen siendo los de justificación y descubrimiento. En el primero, se tratan de establecer todos los criterios con que la Ciencia estructura y valida las teorías científicas. Priman los criterios de la razón teórica, los lógico-lingüísticos y metodológicos. En el segundo contexto, se abordan los elementos contextuales sincrónicos de las Ciencias, desde la perspectiva de la razón práctica. Priman los criterios sociológicos, antropológicos, psicológicos, históricos, donde la praxis concreta de las comunidades de científicos adquiere un criterio importantísimo para la adecuada valoración científica de las teorías.

En tercer lugar, el abordaje desde la historia y la Filosofía, permite analizar diacrónicamente cómo se van constituyendo los conceptos y las teorías científicas, como procesos de desarrollo y cambio conceptual, permite analizar las relaciones intrateóricas y las relaciones con otras disciplinas o Ciencias, sus relaciones interteóricas. La identificación de evoluciones, cambios, rupturas o revoluciones permite reflexionar sobre la continuidad o discontinuidad de la Ciencia, sobre los problemas de inconmensurabilidad entre las teorías.

Para el caso de la tabla periódica de los elementos químicos, constituye un caso histórico de desarrollo de un modelo científico consensuado por la enseñanza.

### **3. La aparición de la Filosofía de la Química en la Filosofía de la Ciencia**

La Filosofía de la Ciencia ha pasado de las discusiones de las Ciencias en general, a las Ciencias especiales, como la Filosofía de física, de la biología, de la matemática, de las Ciencias sociales, etc. Sin embargo, la Filosofía de la química recién a finales del siglo XX (Labarca, 2005, 2007). Hay autores que atribuyen el retraso de la aparición de la Filosofía de la química a tres factores (Labarca, 2005): a) un realismo ingenuo externalista que supone un monismo ontológico: el físico, b) la reducción de la química a la física, tesis común tanto a físicos como filósofos de la Ciencia, c) la percepción social negativa por la relación entre la industria química moderna y los problemas ambientales actuales, sumados a una campaña anticientífica y antiquímica.

La Filosofía de la química se estableció socialmente en 1997, a partir de un número especial de la revista *Synthese*, y se ha convertido en el campo de investigación autónomo de mayor crecimiento de los últimos catorce años (Labarca, 2005). Los nuevos filósofos de la química cuestionan algunas concepciones tradicionales de la disciplina y abordan nuevos tópicos que indican la existencia de un nuevo ámbito legítimo de reflexión.

Los temas y problemas que aborda la Filosofía química hasta ahora son: el problema de la naturaleza de las entidades químicas; el problema del realismo; el problema de la autonomía de la química con respecto a las otras Ciencias, especialmente de la física; el problema de las leyes y teorías químicas.

#### **4. La tabla periódica de los elementos químicos**

La tabla periódica de los elementos químicos constituye un ícono cultural de la química. Tiene características únicas: es la única Ciencia que con una simple tabla captura la esencia de la materia. En ella se encuentra contendía toda la Ciencia química. Pero el hecho que desde sus primeras elaboraciones hasta el día de hoy existan más de setecientas representaciones, y que hay propuestas alternativas, indica que aún hay problemas que discutir. Los intentos de explicar el sistema periódico han conducido a importantes avances en las áreas de la Ciencia química, además de la física teórica en particular. La ley periódica, una ley fundamental de la Ciencia química, es la ley central de la tabla periódica. Pero no tiene la estructura y precisión de una ley física. Aunque esto no niega que se trate de una ley natural. El desarrollo de la teoría atómica y de la física cuántica ha hecho que la física colonice la química, subyace en el comportamiento de todos los elementos e impregna la estructura de la tabla periódica. A pesar de ello, el planteo de una autonomía ontológica y epistemológica de los fenómenos químicos, desafía la comprensión de la tabla periódica desde teorizaciones puramente químicas, ya que los sentidos de elemento y sustancia simple conlleva discusiones filosóficas.

#### **5. Historia y Filosofía de los Elementos y su ordenamiento**

##### **5.1. Los elementos que constituyen la realidad. Ciencia antigua**

La Ciencia como Filosofía cuando surgió en Grecia, en el siglo VII a.C., se plantearon las primeras preguntas acerca de la realidad: cuál es el principio (arjé) de todo lo que es (cosmos) y que expresa la naturaleza (physis) de las cosas. Los primeros filósofos de preguntaron sobre la constitución del mundo material y la naturaleza del cambio. Es decir que las primeras teorías científicas se referían al campo de fenómenos que en la actualidad son objeto de estudio de la química y la física como Ciencias modernas.

El (o los) principio(s) de toda la materia era el agua (Tales), lo indeterminado (apeiron, Anaximandro), el aire (pneuma, Anaxímenes), el fuego (Heráclito), el número (Pitágoras), las semillas (Anaxágoras), los átomos (Leucipo y Demócrito), las ideas (Platón), o los “cuatro elementos”: aire, tierra, agua y fuego (Empédocles, Aristóteles).

Las especulaciones científicas sobre la naturaleza de la materia iniciada por los griegos, fueron continuadas por el pensamiento medieval, sin introducir ningún tipo de novedad teórica ni empírica. Los fenómenos químicos naturales se los veía relacionados con propiedades metafísicas y sobrenaturales. El desarrollo de la Alquimia es un antecedente de la Química Moderna que no va a ofrecer casi ningún aporte, salvo el interés por la experimentación.

## 5.2. Los elementos que constituyen la realidad. Ciencia moderna

Cuando se originó la química moderna en el siglo XVIII, surgió la idea de elemento como sustancia simple, que no puede descomponerse en sustancias menores, determinado por sus características fenomenológicas y empíricas.

Así, los elementos o sustancias conocidos desde la Antigüedad eran 34, pero fueron acrecentando su número a medida que se iban descubriendo. Durante la Revolución científica, desde 1800 a 1849, se descubrieron 24 elementos más. Gracias a los aportes de la espectrografía, entre 1850 y 1899, se descubrieron 26 nuevos elementos. A partir del desarrollo de la teoría y mecánica cuántica, entre 1900 y 1949, se descubren 13. Después de la bomba atómica, y el desarrollo de nuevas tecnologías, como colisionadores y técnicas de bombardeo, empezaron a descubrirse los elementos posteriores al 98. Hay 4 nuevos elementos descubiertos desde el 2001 al presente, pero que carecen de confirmación suficiente.

Es importante aclarar que así como se descubrieron nuevos elementos, otros debieron abandonarse al comprobarse su inexistencia, como el éter o quintaesencia, el flogisto, etc.

## 5.3. El ordenamiento de los elementos en la Química moderna

Fue en la química moderna donde los químicos buscaron criterios de ordenamiento. En 1787, un grupo de químicos dirigidos por Antoine Laurent Lavoisier publica *Métode de nomenclature chimique*, que clasificó y renombró los elementos conocidos hasta ese momento. La lista era bastante exacta. Su trabajo lo compendia en el Tratado Elemental de Química de 1789, que escribió con intencionalidad pedagógica y didáctica. Lo escribió pensando en la transmisión de su modelo de Ley de conservación de los pesos, especialmente a los iniciados.

Dado que en la naturaleza generalmente existen los elementos combinados formando compuestos, no fue sino hasta que se descubrió en 1800 el fenómeno de la electrólisis que se los pudo aislar y descubrir nuevos elementos. La gran variedad de propiedades físicas y químicas llevó a los científicos a interesarse por conocer el número de los elementos y la razón de la variación de sus cualidades.

En éste comienzo de la química moderna, los científicos todavía tenían que ponerse de acuerdo sobre la terminología, la simbología, la metodología. El Primer Congreso Internacional de Química, en 1850 al intentar unificar el lenguaje conceptual químico, y aparece por primera vez la problemática del ordenamiento de los elementos químicos hasta entonces identificados. En ese congreso participaron Meyer y Mendeleiev.

Como antecedente, en 1810 Berzelius clasificó las sustancias simples conocidas en dos grandes grupos de acuerdo con su comportamiento electroquímico: las electropositivas o metales, y las electronegativas o no metales. Para estas últimas, más tarde se generalizaría la denominación de metaloides. En 1818, publicó el primer agrupamiento de elementos químicos según un orden alfabético, pero incluyendo su peso atómico. Esa noción de peso atómico la obtuvo experimentalmente tomando en

cuenta las proporciones de combinación, con el oxígeno como referencia, y guiado por la ley de proporciones múltiples, la teoría atómica y la ley de volúmenes de combinación de Gay-Lussac.

Hasta este momento, nadie advirtió la posible periodicidad en las propiedades de los elementos químicos. Aún quedaban muchos elementos por descubrir. No había tampoco un criterio claro para ordenarlos, ya que el peso atómico aún no se lo distinguía del peso molecular o del peso equivalente.

Entre los intentos de establecer criterios de orden en los elementos, contamos con triadas de J. W. Döbereiner (1829), el sistema de trece grupos de W. Odling (1864) y la Ley de las octavas de J. A. R. Newlands (1864). Dentro de este proceso se resalta la labor de los profesores J. L. Meyer (1870), y de D. I. Mendeléiev.

Tanto Meyer como Mendeléiev, sus trabajos tienen intencionalidad pedagógica, ya que querían presentar a sus alumnos una química racional y ordenada. Representaban mediante tablas, las relaciones de periodicidad en las características químicas de los elementos. La ley periódica y la tabla de elementos, es un caso de transformación de un modelo científico consensuado por la enseñanza.

Mendeléiev en 1869, predijo la existencia y el comportamiento de nuevos elementos. Junto con su valor predictivo, tiene tal poder explicativo que permitió la incorporación de una nueva familia de elementos, los gases nobles, y la ubicación de nuevas sustancias, como las tierras raras.

En 1913, Mosley relacionó la longitud de onda con los números atómicos.

El trabajo de Mendeléiev se inscribe en una discusión epistemológica, en 1856, entre la propuesta de Gerhard y por el modelo unitario de las reacciones químicas, en contraposición del electroquímico y dualista de Berzelius. También participa de las discusiones sobre el origen de los elementos, si todos vienen de un elemento primordial, como W. Prout, o todos proceden de una ley única, como J. A. Newlands, W. Odling y D. I. Mendeléiev. Odling advierte una regularidad y diferencia entre los pesos atómicos para los elementos de cada grupo, como la variación de sus propiedades y la secuencia de los correspondientes pesos atómicos. Mendeléiev, en 1869, de la teoría pasa a las contrastaciones empíricas, y establece el ordenamiento según la ley de periodicidad, y no la representación icónica.

Hay que rescatar el carácter comunitario de la construcción histórica de la ley de periodicidad y la tabla de elementos.

## **6. Representaciones gráficas**

Después de muchos años el estudio de las propiedades Periódicas de los elementos es aún objeto de análisis. Scerri (1998) afirma que la tabla periódica permanece en el corazón de los estudios de química, como el modelo de Newton y de Darwin, ha proporcionado explicaciones que fundamentan el marco conceptual como una Ciencia de la naturaleza. A partir de la formulación de la Ley Periódica, profesores de varios países han reflexionado y continúan haciéndolo con miras a lograr una representación gráfica sobre la forma más ordenada, sistemática y precisa para hacer objeto de trabajo en el aula los conceptos fundamentales de la química.

Con vistas a su comprensión y enseñanza, varios profesores han ideado diversas representaciones icónicas. Aparte del modelo bidimensional, los hay tridimensionales, piramidales, espiralados, redondos, etc. Vasta consultar el sitio de internet The InternetDatabase of PeriodicTables, que lleva un registro de todas las propuestas que se han presentado y se continúan presentando al día de hoy.

## **7. Problemas filosóficos**

El desarrollo histórico de la tabla periódica de los elementos y la ley de periodicidad, pueden plantear los siguientes problemas a nivel epistemológico:

1. Modelo científico. Aunque el concepto de modelo en Ciencia aún sigue siendo discutido, hay una tradición que clasifica los modelos científicos en pictóricos o gráficos, analógicos y simbólicos. La ley periódica y su representación en la tabla periódica, constituyen un modelo icónico.

2. Ley natural. También es un concepto sobre el cual continúan las discusiones. Para algunos una ley lo es porque se expresa a través de un algoritmo. O también se concibe a la ley como una generalización, en la que expresa regularidades entre fenómenos deducidas desde un modelo determinado, para explicar el comportamiento del objeto del que se quiere dar cuenta y no puede expresarse por algoritmo alguno. Es el caso de la ley periódica (Scerri, 1997).

3. Reducción. La utilización actual de la mecánica cuántica para el desarrollo de la tabla periódica, lleva a algunos a creer que las entidades, propiedades y leyes químicas se explican con la física, y se reducen a ella. La actual Filosofía de la química, ha establecido muy bien la independencia ontológica y epistemológica del mundo de la química con respecto al de la física, aunque pueden estar interrelacionados.

## **8. Conclusiones**

El surgimiento de la Ciencia Occidental, que no se diferenciaba de la Filosofía, comenzó con la pregunta sobre el Principio que constituye la realidad natural, realizada por los Presocráticos. Después de más de dos mil quinientos años, la Ciencia y la Filosofía también vuelve a hacerse las mismas preguntas. La aparición de la Química moderna, diferenciándose de la Alquimia, se debe a la incorporación de los criterios metodológicos y epistemológicos que distinguen la Revolución Científica. Como consecuencia, aparece una reconceptualización de Elemento y Sustancia Química, que se va resignificando junto con el desarrollo de las teorías y leyes propias. En el Siglo XX, el aporte indiscutible de la Teoría Atómica y de la Física Cuántica, inclinaron a científicos y filósofos a establecer un reduccionismo físico de los fenómenos químicos. Pero la aparición de la reciente Filosofía de la Química, con sus planteos de pluralismo epistemológico y ontológico, ha permitido replantear la autonomía de la Química. En la actualidad, las relaciones interteóricas entre la Filosofía, la Física y la Química, contribuyen a la mayor comprensión y profundización de la materia.

## 9. Referencias

1. Labarca y Zambón (2013) Una reconceptualización de elemento como base para una nueva representación del sistema periódico. *Educ. quím.*, 24 (1), 63-70.
2. Labarca, Martín (2005) La filosofía de la química en la filosofía de la ciencia contemporánea. Bernal, Universidad Nacional de Quilmes, *Redes*, mayo, vol. 11, n° 21, 155-171.
3. Labarca, Martín (2007) Filosofía de la química: a diez años de su nacimiento. VI Encuentro de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur, Montevideo. Fernández, Eduardo J. y Fernández, Julio (2012) El icono de los químicos: la tabla periódica de los elementos. *An. Quím.*, 108 (3), 314–321.
4. Peña Hueso, José Adrián; Ramírez Trejo, Raúl y Esparza Ruiz, Adriana (2006) La tabla periódica nos cuenta su historia. *Cinvestav*, 58-71.
5. Scerri, Eric (1997) Has the Periodic Table been successfully axiomatized? *Erkenntnis* 47, 229-243.
6. Scerri, Eric (1998) Evolución del sistema periódico. *Investigación y Ciencia*, noviembre 1998, 54-59.
7. Scerri, Eric (2007) *The periodic table. Its history and significance*. New York, Oxford University Press.
8. Scerri, Eric (2008) El pasado y el futuro de la tabla periódica. *Educación Química*, julio, 234-241.
9. Villaveces Cardoso, José Luis (2000) Química y epistemología. Una relación esquivada. Bogotá, Universidad del Bosque, *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, v. 1, n. 2-3, 9-26.
10. Vivas-Reyes, Ricardo (2009) Filosofía de la química: un área ampliamente olvidada. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 33 (126), 125-128.