

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XX JORNADAS

VOLUMEN 16 (2010)

Pío García
Alba Massolo

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



Multiplicidad ontológica y la sustancia en química

Mariana Córdoba* • Martín Labarca** • Alfio Zambón***

1. Introducción

No cuenta la filosofía occidental en su historia con una única manera de comprender la *sustancia*. Sin embargo, esta noción ha ocupado un lugar de privilegio en variadas concepciones de mundo formuladas por distintos filósofos. Si atendiéramos a cualquier recorrido –trazado más o menos arbitrariamente–, por ejemplo, a partir de la preeminencia de la sustancia en la filosofía aristotélica, atravesando las críticas a la idea de sustancia en el pensamiento empirista moderno, hasta desembocar en el rechazo de la sustancialización propuesto por el pensamiento postmoderno, podríamos afirmar que la discusión filosófica en torno a la idea de sustancia resulta ineludible para comprender la historia de la metafísica occidental.

En química resulta asimismo de central relevancia cierta noción de *sustancia* involucrada en el concepto moderno de *sustancia química*. ¿Qué dilucidación del concepto filosófico de sustancia, si alguna, puede brindar fertilidad interpretativa para pensar el concepto de sustancia utilizado en la química moderna? Bajo el supuesto de que el concepto aristotélico de sustancia constituye un buen candidato para este fin, ¿es posible hablar de *la* sustancia química, es decir, de un único criterio de identificación para cada sustancia química?

A partir de la propuesta de un modelo teórico consistente en planos energéticos –el plano macroquímico, el plano microquímico y el plano cuántico–, analizaremos si puede ser identificada, para una determinada sustancia química, la *misma* sustancia en los tres planos.

2. La noción aristotélica de sustancia

Si bien Aristóteles ofrece diversas caracterizaciones de la sustancia, partiremos de la noción de sustancia primera entendida como objeto individual, esto es, la sustancia como compuesto de materia y forma. Pero nos interesa particularmente la noción de sustancia segunda, correspondiente a la predicación según la esencia, en contraposición a la predicación según el accidente. Por ejemplo, Sócrates constituye una sustancia primera: en el plano ontológico, es un individuo compuesto por materia y forma, subsiste en y por sí mismo; en el plano del lenguaje, “Sócrates” es sustrato de predicaciones. Es evidente la diferencia que presenta la sustancia primera con los accidentes. los atributos de Sócrates, ser sabio, ser maestro de Platón, no subsisten en y por sí

* Universidad de Buenos Aires

** CONICET – Universidad Nacional de Quilmes. mail: mglabarca@unq.edu.ar

*** Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

misimos, sino que *son* en otro –en la sustancia primera–, en el plano lingüístico, no constituyen sujetos de predicación, sino que se predicán de la sustancia primera. Hay también una notable diferencia al afirmar “Sócrates es sabio” y “Sócrates es hombre”. Sócrates podría no haber sido sabio y seguiría siendo, empero, Sócrates, mientras que no podría no haber sido hombre. Sócrates –dijimos– es una sustancia primera, es un “esto particular”; ser sabio es un atributo accidental de Sócrates; ser hombre es, por su parte, un atributo esencial. A la predicación según la esencia en el ámbito del lenguaje corresponde, en el plano ontológico, la sustancia segunda. *Ser hombre* es una sustancia segunda, “es hombre” se predica de una sustancia primera según la esencia y no según el accidente.

Podría objetarse que esta noción no es apropiada para comprender la noción de *sustancia* involucrada en el concepto moderno de *sustancia química*, dado que la sustancia primera aristotélica es un “esto particular”, y cuando hablamos del agua, por ejemplo, no hablamos de “esta muestra particular de agua”. Sin embargo, podríamos aceptar el principio aristotélico según el cual la esencia (sustancia segunda) supone la existencia, que siempre es particular (sustancia primera): no hay “agua” en general, sino que lo que existe es *esta o aquella* muestra de agua, del mismo modo que no hay “hombre” en general, sino *este o aquel* hombre particular, Sócrates por ejemplo. Dejamos de lado deliberadamente esta objeción posible y decidimos utilizar la noción aristotélica porque consideramos fértil el análisis filosófico que brinda su aplicación al ámbito de la química. A lo largo del presente trabajo intentaremos mostrar esta fertilidad.

Pensemos que, según Aristóteles, la sustancia segunda entendida como esencia no existe sino *en* un individuo particular (*en* la sustancia primera), que es lo que existe en sí y por sí. Nos centraremos no en la sustancia primera (el “ser sustantivo”) sino en la sustancia segunda: el ser predicativo cuando el predicado es un elemento de la esencia. ¿Por qué? Porque estamos buscando la *esencia* (en sentido aristotélico) de cada sustancia química. Puede sonar un tanto descabellada y anacrónica esta posición esencialista, seguramente así sonará para un químico. Sin embargo, nuestra búsqueda de la esencia de cada sustancia nos fue sugerida a raíz del análisis de la propuesta de Paneth, quien establece que la ‘esencia’ de la sustancia química se encuentra en el nivel de la sustancia básica.

3. La naturaleza dual del concepto de elemento

En los últimos tiempos, las discusiones acerca de la naturaleza del concepto de *elemento* se han vuelto relevantes en el ámbito de la filosofía de la química. Historiadores, filósofos y químicos han elaborado variadas perspectivas, enriqueciendo el debate (*cf.*: Bensaude-Vincent, 1986; Hendry, 2005; Scerri, 2005; Bent, 2006; Earley, 2009)

La IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) considera que *sustancia* es cualquier unidad de materia que existe sobre el nivel atómico: debe tener composición homogénea

y no ser separable por métodos mecánicos. En particular, un conjunto de cuerpos puros de iguales propiedades intensivas se denomina *sustancia*, y las sustancias se clasifican en *sustancias simples* o *elementos*, formadas por un solo tipo de átomos (oro, oxígeno, etc.) y en *sustancias compuestas*, constituidas por más de un tipo de átomo (agua, amoníaco, etc.).

La perspectiva que considera los elementos como *sustancias básicas* o soportes de propiedades tiene una larga tradición. Los elementos químicos considerados en un sentido metafísico han desempeñado un importante papel en la química contemporánea hasta comienzos del siglo XX, aunque en una forma modificada.

De acuerdo con Scerri (2005), este concepto de elemento fue parcialmente abandonado a partir de Lavoisier, en consonancia con el creciente positivismo que caracterizó la revolución científica en general, es más útil pensar los elementos como *sustancias simples* observables que pueden aislarse. Sin embargo, la noción de elemento como *sustancia básica* pareció regresar de la mano de Mendeleev en 1891: una sustancia básica ("invisible") posee, al menos, una propiedad principal que es su peso atómico. Esto permitió ordenar los elementos de la tabla periódica en una única secuencia.

Ya en 1962, Paneth —uno de los padres de la radioquímica— estableció que existe un único sentido de la noción de elemento, como *sustancia básica*, que sobrevive cuando el sodio Na y el cloro Cl, como *sustancias simples*, se combinan para formar cloruro de sodio NaCl. Asimismo, modificó la propiedad característica del elemento (como sustancia básica) a su número atómico —que constituye la noción contemporánea—, al descubrirse nuevos isótopos, salvando así la tabla periódica de una crisis. Afirmó, además, que los químicos sustentan una posición filosófica intermedia entre un realismo ingenuo (elementos como *sustancias simples*) y una posición metafísica literal (elementos como *sustancias básicas*) (Paneth, 1962).

Algunos autores (Scerri, 2005) señalan que estas dos posiciones aparentemente antagónicas podrían, sin embargo, converger si se considera¹: a) elemento químico en un sentido metafísico, es decir, como sustancia básica o soporte de propiedades y que, al mismo tiempo, puede estar desprovista de propiedades (Paneth), y b) elemento químico como sustancia simple, el que puede ser aislado y que, por ejemplo en el caso del carbono, toma diferentes formas estructurales (o propiedades contingentes): diamante y grafito.

4. El modelo de los planos energéticos

Con el propósito de abordar la problemática filosófica inherente a la definición de sustancia en química, propondremos un modelo teórico que llamaremos de los 'planos energéticos'. Este modelo consiste en analizar de manera separada la sustancia química en tres niveles o planos energéticos.

De manera esquemática, nuestra propuesta consiste en diferenciar los siguientes planos:

Plano macroquímico o macroscópico: conformado por las sustancias que el químico maneja cotidianamente en el laboratorio. Es el plano fenomenológico, donde residen todas las propiedades físicas y químicas que usualmente se determinan en el laboratorio (densidad, índice de difracción, características organolépticas, entre otras)

Plano microquímico o estructural: conformado por las estructuras químicas con las que usualmente se describen los cambios que ocurren en las reacciones y se explican muchas de las propiedades y características de las sustancias químicas. Este plano posee una entropía mínima y la estructura más estable tiene una mínima energía. A este plano corresponde el estudio de los grupos funcionales, isómeros conformacionales, efectos inductivos, de resonancia, momento dipolar, características de los enlaces, etc.

Plano cuántico: constituido por el conjunto de las partículas subatómicas y las posibles interacciones entre ellas. Concentra la máxima energía admisible por partícula sin perder su identidad como tal. En este plano rigen las leyes de la mecánica cuántica.

Según el tratamiento usual en química, la sustancia es considerada como un todo. Las diferenciaciones que nosotros proponemos suelen tomarse como una continuidad en la descripción de la sustancia. De esta forma, es común encontrar desarrollos donde las interacciones cuánticas anteceden a las estructuras y considerar que las estructuras de las moléculas químicas en una gran acumulación de materia forman directamente las sustancias tal como habitualmente se encuentran en los frascos del laboratorio.

En nuestro enfoque, los planos propuestos conforman *mundos paralelos* que coexisten y son independientes entre sí, de modo que no puede pensarse que exista una conversión de un plano a otro; de esta manera, consideramos inadecuado pensar en una reducción de la noción de sustancia química.

No puede considerarse que las propiedades inherentes a cada uno de los planos expliquen las propiedades de los otros planos. A través del estudio de la estructura de una sustancia no es posible justificar sus propiedades macroscópicas como la polaridad, el índice de difracción o la viscosidad, y tampoco a partir de estudios mecánico cuánticos, dar cuenta acabadamente de la estructura química.

Usualmente en la ciencia química se realizan estudios que consideran relaciones entre los planos, los cuales proveen explicaciones acordes con comportamientos empíricos que, a menudo, tienen una importante utilidad práctica, pero muchas veces la traslación libre de conclusiones obtenidas del estudio de un plano a otro, produce inconsistencias que no pueden ser explicadas con el bagaje teórico de la química

5. Los criterios de identificación de la sustancia química

Establecido el modelo propuesto de los planos energéticos, presentaremos entonces las distintas perspectivas existentes acerca del criterio de identificación de la sustancia química. Un posible criterio a adoptar es una posición microestructuralista. Esta tesis establece que las sustancias químicas son identificadas por sus propiedades microestructurales y, en ese sentido, la *estructura molecular* determina la identidad de las sustancias (Hendry, 2008).

Dos son los autores que proponen un criterio de identificación de la sustancia química en el plano macroscópico. Uno de ellos es Needham (2008), para quien el concepto clásico de sustancia es una noción macroscópica y su criterio de identificación yace en una teoría macroscópica (la termodinámica), en particular, vía la llamada '*regla de las fases de Gibbs*' que establece las condiciones de equilibrio en un sistema heterógeno. Esta regla se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$F + V = C + 2$$

siendo F la fase del sistema, V la varianza o grados de libertad y C el número de componentes. Es esta teoría termodinámica entonces la que determina, mediante la regla señalada, que diferentes microestructuras dinámicas corresponden a la misma sustancia macroscópica.

Por su parte, van Brakel (2008) afirma que aunque una sustancia pura es a menudo definida en términos de su estructura molecular, puede ser identificada también en términos de ciertas propiedades macroscópicas, como la densidad, que no varían durante el cambio de fase. En este sentido, este autor sugiere que el mejor criterio de identificación de una sustancia pura es el *punto triple*² (o un conjunto de puntos triples), ya que es el único estado termodinámico donde la sustancia está presente en las tres fases, confirmando así que las tres fases corresponden a la misma sustancia.

Y un último principio de identificación de la sustancia química puede estar en el plano cuántico. Como vimos, según Paneth es el *número atómico* del elemento involucrado (o los distintos números atómicos de los elementos intervinientes en el caso de una sustancia compuesta) el que determina su propiedad esencial.

6. ¿Unicidad de cada sustancia química?

Pensando "aristotélicamente" podríamos decir: (1) El criterio de identificación (epistemológico) no determina el criterio de individuación (ontológico). Puede haber tres criterios de identificación de la sustancia (correspondiente, cada criterio, a cada uno de los niveles) y, sin embargo, hay *algo* que hace que el benceno sea lo que es, y que sea una y la misma cosa, y (2) Las propiedades responsables de la identificación son accidentales, no esenciales, son distintas en los tres niveles, pero hay algo que subyace: la sustancia segunda o esencia, que es lo que hace que el benceno en el frasco sea benceno y no otra cosa. Aquí Paneth diría que esa esencia se encuentra sólo

en uno de los tres niveles. Nosotros rechazamos (1) y (2), que habrían de esperarse pensando aristotélicamente. Pero aceptamos la idea de Aristóteles según la cual. (3) Es preeminente el plano ontológico respecto del plano epistemológico. En el plano ontológico tiene lugar la pregunta por qué es lo que hace que un objeto sea lo que es y no otra cosa. En el plano epistemológico, aparece la pregunta por cómo identificamos e individualizamos ese objeto, a través de qué propiedades. Dado nuestro objetivo panethiano, es decir, buscando la esencia de la sustancia química, y aceptando (3), podríamos afirmar que *qué sea una cosa objetivamente* (plano ontológico) da el *criterio de identificación* de la cosa en su individualidad (plano epistemológico). En la medida en que afirmamos que hay tres criterios de identificación distintos (cuestión epistemológica) de la sustancia química en los tres niveles señalados, para una sustancia química dada, podemos preguntarnos si se trata de una única sustancia (cuestión ontológica) que se describe o explica desde tres perspectivas distintas. O si, por el contrario, el hecho de que el criterio de identificación (cuestión epistemológica) para cada sustancia química sea diferente en los tres niveles no se debe más bien a que hay tres sustancias *distintas* (cuestión ontológica).

Nosotros hemos analizado qué propiedades permiten identificar una sustancia química, dado el modelo propuesto de los planos energéticos. Hemos utilizado una *intuición o impulso aristotélico* en búsqueda de la *esencia* de una determinada sustancia química, porque creemos que esta intuición subyace al planteo de Paneth. Hemos buscado las propiedades³ recogidas en los predicados que constituyen "parte de la esencia" (Moreau, 1962, p.75), esencia que es, a su vez, recogida en la definición de lo que algo es. Esta búsqueda nos condujo a la afirmación de que, dada una sustancia química determinada, no hay una única sustancia a través de los tres niveles considerados.

7. Conclusiones

Hemos argumentado que hallar un único criterio de identificación para cada sustancia no es posible. Pero esta imposibilidad no se debe a una limitación epistemológica, sino a que las propiedades esenciales que permiten identificar sustancias son distintas en cada uno de estos niveles. Es decir, concluimos que existe esta imposibilidad a partir de la consideración de cuestiones ontológicas. Hemos señalado que en el plano macroquímico es el punto triple o la regla de las fases de Gibbs el criterio de identificación propuesto; en el plano microquímico o estructural, este criterio está dado por la estructura molecular, y en el plano cuántico es el número atómico de los elementos constitutivos el que define y permite identificar cada sustancia. Consideramos entonces que no podríamos hablar de *una* sustancia química en los tres planos sino que, por el contrario, estamos trabajando en un mundo particular al encontrarnos en el nivel de los fenómenos observables a ojo desnudo, por ejemplo, cuando tenemos benceno en un frasco en el laboratorio; estaríamos trabajando en un mundo distinto al trabajar con la estructura

química del benceno, y en otro mundo nos hallaríamos al trabajar con el número atómico del carbono y el número atómico del hidrógeno, esto es, el benceno en el plano cuántico. Hemos señalado que en química moderna es usual realizar análisis teóricos en los que las conclusiones obtenidas en algunos de los planos se trasladan libremente a los otros, lo que conduce, a menudo, a inconsistencias. ¿A qué se deben estas inconsistencias? Creemos que no debemos buscar la respuesta en limitaciones epistemológicas, sino en la propia ontología, en las propias ontologías de la química.

El análisis de los tres planos, atendiendo a la noción filosófica aristotélica de sustancia, nos permite defender entonces un pluralismo ontológico de acuerdo con el cual, dentro de una misma disciplina, la química, encontramos mundos plurales, ontologías diversas. Sostenemos que estos mundos diversos coexisten, que las entidades y propiedades que habitan cada uno de estos mundos no pueden ser reducidas a las entidades y propiedades que pueblan alguno de los otros mundos (Lombardi y Labarca, 2005). Esto se evidencia en el hecho de que en el estudio de la química, la articulación de los tres niveles, esto es, cómo pasamos del nivel cuántico al nivel estructural, o cómo pasamos de la estructura química a una muestra macroscópica contenida en un frasco que tenemos en el laboratorio, permanece en la oscuridad del misterio. Si esto es así, en primer lugar, el análisis filosófico en el marco teórico de los tres planos, conduce, según nuestro entender, a una perspectiva filosófica pluralista.

En segundo lugar, y en estrecha relación con esto último, afirmamos que la metafísica no aparece recién en el nivel del número atómico de la sustancia, como pretende Paneth. Nosotros argumentamos que el enfoque que atiende a los tres planos permite, por un lado, enriquecer la distinción Paneth–Scerri. Por otro lado, este enfoque conduce a afirmar que ninguno de estos niveles se sostiene sin metafísica y que, por lo tanto, sin metafísica no hay química. Según Paneth, la sustancia básica configura el nivel metafísico en el sentido de que allí se encuentra la *esencia* de una sustancia química, identificada con el número atómico. Sostenemos que se requiere el compromiso con dos inseparables supuestos filosóficos para defender la idea de Paneth: la distinción implícita entre una realidad fundamental, la cuántica, y una realidad aparente o derivada de aquella, la fenoménica o macroquímica (donde no habría lugar para la metafísica); y el supuesto de que hay una única realidad subyacente a los distintos niveles o planos. Rechazamos estos supuestos sobre la base del análisis presentado: hallamos tres mundos químicos coexistentes, mundos de los cuales, de no aceptar en cada uno ciertos compromisos metafísicos, no podríamos hablar; desde esta perspectiva pluralista, cuestionamos, además, el carácter de unicidad de cada sustancia, carácter presupuesto en la expresión *sustancia química* involucrada en la química moderna.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al apoyo brindado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), la Universidad de Buenos Aires (UBACyT) y la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

Notas

- 1 Denominaremos a esta perspectiva 'la distinción Paneth-Scerri'
- 2 Condiciones de presión y temperatura donde coexisten los estados de agregación sólido, líquido y gaseoso.
- 3 Se podría afirmar que es la *forma* la responsable de las propiedades que presenta un objeto. Dejamos de lado la discusión respecto de la *forma* en Aristóteles, es decir, no analizaremos la cuestión de si la *ousía*, en sentido estricto, es la forma, anterior lógicamente al compuesto de materia y forma, por no considerarla una cuestión relevante dados los fines del presente trabajo.

Referencias bibliográficas

- Aristóteles (1978) *Metafísica*, Buenos Aires, Sudamericana.
- Bensaude-Vincent, I (1986). "Mendeleev's Periodic System of Chemical Elements", *British Journal for the History of Science* 19: 3-17
- Bent, H. (2006) *New Ideas in Chemistry from Fresh Energy for The Periodic Law*. AuthorHouse: Bloomington, Indiana.
- Earley, J. (2009) "How Chemistry Shifts Horizons: Element, Substance, and the Essential", *Foundations of Chemistry* 11: 65-77
- Hendry, R. (2005). "Lavoisier and Mendeleev on the Elements", *Foundations of Chemistry* 7: 31-48.
- Hendry, R. (2008) "Microstructuralism: Problems and Prospects", en van Brakel, J y Ruthenberg, K. (eds.) *Stuff – The Nature of Chemical Substances*, Würzburg, Königshauen & Neumann, pp.107-121
- Lombardi, O. y Labarca, M. (2005) "The Ontological Autonomy of the Chemical World", *Foundations of Chemistry* 7: 125-148.
- Moreau, J. (1962) *La escuela de Aristóteles*, Buenos Aires, Eudeba.
- Needham, P. (2008) "A Critique of the Kripke-Putnam Conception of Water", en van Brakel, J y Ruthenberg, K. (eds.) *Stuff – The Nature of Chemical Substances*, Würzburg, Königshauen & Neumann, pp.93-105.
- Paneth, F.A. (1962) "The Epistemological Status of the Concept of Element", *British Journal for the Philosophy of Science*, 13: 1-14, 144-160, trans. H.R. Post [reprinted in *Foundations of Chemistry* 5 (2003), 113-145]
- Scerri, E. R. (2005) "Some Aspects of the Metaphysics of Chemistry and the Nature of the Elements", *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry* 11: 127-145.
- van Brakel, J. (2008) "Pure Chemical Substances", en van Brakel, J y Ruthenberg, K. (eds.) *Stuff – The Nature of Chemical Substances*, Würzburg, Königshauen & Neumann, pp. 145-161