

QUÍMICA: UN MENTEFACTO CONCEPTUAL

CHEMISTRY: A CONCEPTUAL MINDFACT

Alexánder Stip Martínez*
amartinez@uni.pedagogica.edu.co

ABSTRACT

The aim of this paper is to present some general considerations about the chemistry as a scientific discipline. In this sense, the notions about science, disciplines and knowledge object, that support these reflections, are presented; likewise some discuss about the main fields in the chemical scientific discourse. Three concepts join the construction of the concept of chemistry: substance, molecule and chemical property.

Keywords: science, chemistry, scientific discipline, substances, molecule, chemical property.

RESUMEN

El propósito del presente documento es presentar algunas reflexiones acerca de la química como disciplina científica. En este sentido, se presentan las nociones acerca de ciencia, disciplina y objeto de conocimiento que sustentan estas reflexiones, así como algunas discusiones alrededor de los principales campos del discurso científico de la química. Tres conceptos acompañan a la construcción del concepto de química: sustancia, molécula y propiedad química.

Palabras Clave: ciencia, química, disciplina científica, sustancia, molécula, propiedad química.

* Estudiante e investigador del Grupo Pensamiento, Ciencia y Enseñanza. Facultad de Ciencia y Tecnología – Universidad Pedagógica Nacional.

INTRODUCCIÓN

Este documento se presenta en la perspectiva de continuar con una discusión que, en este último tiempo, se ha intentado posicionar acerca de la consideración de los objetos de conocimiento de las llamadas ciencias experimentales, dados los compromisos que tiene una comunidad de formación de profesores en la discusión de esta problemática. Particularmente en la formación de profesores de química, el debate en torno a la noción básica de química¹ y su constitución como una disciplina científica resulta, por momentos, difusa y perdida. No existe dentro de los programas de formación de docentes, y en general dentro de la formación de profesionales en química, un debate serio y continuado sobre los aspectos históricos, conceptuales y filosóficos del saber químico. Resulta importante, entonces, llamar la atención sobre la necesidad de que todos aquellos, dedicados a la reflexión e investigación en formación de profesores de química, abramos más espacios de reflexión y discusión en torno a estos aspectos.

Por otro lado, no hace falta insistir en que la preocupación por discutir aspectos filosóficos de la química, ha convocado a la conformación de comunidades de químicos, filósofos y sociólogos de la ciencia (Martínez, 2003). En efecto, desde mediados de la década de los noventa, hemos visto consolidarse lo que hoy conocemos como filosofía de la química, área ésta de conocimiento e investigación en donde se abordan los problemas epistemológicos, teóricos, metodológicos y ontológicos, así como los aspectos relevantes en cuanto a la historia, sociología, lingüística y educación en química (HYLE, 2004). De ahí, que existan actualmente revistas internacionales especializadas, entre las que se cuentan la *Revista Internacional de Filosofía de la Química*, editada el Profesor Joachim Schummer, así como la revista *Fundamentos de Química* editada por el profesor Eric Scerri. Además, es importante señalar la realización de los tres *Coloquios Internacionales Erlenmeyer* a partir de 1996, en la Universidad de Marburg (Alemania), al igual que el Congreso Internacional de Filosofía de la Química, organizada por la ISPC², cuyo problema central ha sido la autonomía de la química y su relación con las otras ciencias de la naturaleza, y que son claras muestras de la relevancia que tiene el tema en la actualidad.

En resumen, la filosofía de la química es reconocida hoy como campo de conocimiento e investigación, con comunidades académicas organizadas alrededor de sus preocupaciones, y que desde tal perspectiva apuntan a una comprensión más profunda de lo que históricamente hemos denominado química. Por lo tanto, se

¹ Cabe señalar, que se hace referencia a la discusión acerca de la noción de química, que puede diferenciarse de las nociones acerca del fenómeno químico que existen en campos especializados, aplicados e interdisciplinarios de la química.

² International Society for Philosophy of Chemistry.

vuelve imperativo que especialistas dedicados a la formación de profesores de química, inicie una incorporación de las discusiones filosóficas en el interior de los programas y espacios académicos para que, por una parte, se haga una reflexión más compleja de lo químico y, por otra, se inicie una apertura de escenarios y posibilidades de introducción de elementos de la filosofía química en su educación y su enseñanza.

ANTES DE INICIAR: LA CIENCIA

Una discusión acerca de la química como una disciplina científica, requiere inevitablemente la explicitud de la concepción de ciencia de la cual se parte para hacer la reflexión. Si lo que se intenta, es demostrar que la química puede ser considerada como una disciplina del conocimiento científico, debe entonces ajustarse ella a los criterios de demarcación creados por la ciencia disciplinaria. Es así, que se harán algunas consideraciones preliminares acerca del desarrollo de la ciencia en disciplinas, y se mostrarán algunos de los criterios de demarcación de las disciplinas del conocimiento como científicas: el proceso de la *abstracción* y el proceso de la *especialización*.

La ciencia disciplinaria tiene como característica primordial, que parte del planteamiento de un sujeto que establece relaciones con el entorno para conocerlo, el cual es preexistente e independiente del sujeto cognoscente, y que es susceptible de ser conocido. El conocimiento aparecerá, entonces, de la interacción de los sujetos con los objetos materiales de su entorno, creándose un par dialéctico ontológico primario: la realidad discursiva creada por el sujeto a través de la abstracción, y que dota de sentido y de existencia las cosas, y por otro, la realidad objetiva que intrínsecamente existe con independencia del sujeto, y que es susceptible de ser conocida.

Presentados de esta manera, los fenómenos naturales como objetos científicos, se establecen como objetos de conocimiento de una disciplina, en tanto muestra una *positividad*, una independencia ontológica de la mirada del sujeto, pero que logra su existencia gracias a ella. La ciencia disciplinaria tiene profundos compromisos con la visión positiva del conocimiento científico, y sus criterios de demarcación están ligados, inevitablemente, a las concepciones filosóficas positivistas que históricamente coinciden con su desarrollo.

Así, concebir a la ciencia es concebir al objeto científico. Hacen parte de la ciencia, las lógicas y dinámicas propias señaladas por la razón, para establecer relaciones de conocimiento con los objetos materiales; igualmente, hace parte el discurso derivado del *descubrimiento* de la realidad, del develamiento de los objetos por parte del sujeto. La ciencia, desde esta perspectiva, se reduce a los mecanismos y métodos mediante los cuales derivamos una realidad discursiva de una realidad objetiva. A la manera como los objetos se significan a través de la forma científica de establecer relaciones de conocimiento, conocer la ciencia es, igualmente, develar las características y propiedades del objeto: la ciencia misma.

Acorde con esta cosmovisión se han determinado, desde la ciencia de las disciplinas, dos criterios de demarcación

que ha caracterizado la ciencia, desde sus inicios, existe uno que es de particular importancia: la *abstracción*. A través de este proceso, los sujetos han construido representaciones de mundo que les han servido para dotar de significado y sentido, a la realidad material que se les presenta a través de la percepción sensorial. La ciencia, prioritariamente, se ha constituido como una empresa racional de construcción de significados para entender el mundo alrededor. Por tanto, es de vital importancia discutir en torno a los procesos y mecanismos que los científicos han utilizado para saber, siendo el proceso de abstracción uno de los más importantes.

En el proceso de abstracción, los sujetos encuentran características y propiedades de los objetos materiales, y con base en ellas crean representaciones, que son ideas mentales de la realidad material. La característica de estas representaciones, es que generalmente se construyen partiendo de una, o un número reducido de características, olvidando las demás que no son del interés. Es decir, hallan en la diversidad de fenómenos que se encuentran en la naturaleza un criterio que agrupe bajo ciertas características un número de ellos, sin importar si difieren en absoluto en sus otras propiedades.

Como resultado del proceso de abstracción aparecen las representaciones, que son ideas construidas de la realidad de los objetos materiales perceptibles empíricamente. Las representaciones son, entonces, elementos discursivos para reconocer los objetos de la realidad y poder encontrar *su* sentido. La relación entre la representación y el objeto, desde la visión de la ciencia objetivista, es directa, es decir que la representación es consecuencia del objeto, y ésta lo describe y caracteriza completamente.

Esta relación de equiparación casi total entre la representación y lo representado, abrió el camino a la experimentación como el proceso mediante el cual podemos perfeccionar las representaciones de mundo. El experimento acerca, cada vez más, la representación al objeto (Woolgar, S. 1991: 45-47).

LA ESPECIALIZACIÓN Y LAS DISCIPLINAS

Otro proceso importante que ha atravesado la ciencia, primordial para entender su desarrollo en disciplinas, es el proceso de especialización, para lo cual, se hará una aproximación al desarrollo de la ciencia.

El antecedente más próximo a la concepción moderna de ciencia, se encuentra en lo que se denominó filosofía de la naturaleza. En este periodo amateur de la ciencia, la característica más importante, era que sus discusiones estaban marcadas por la filosofía, o sea, se planteaban reflexiones generales acerca del funcionamiento de la naturaleza. Los filósofos de la naturaleza se interrogaban y reflexionaban acerca de aspectos amplios de los fenómenos, y no se distinguían campos especializados de saber. Los filósofos de la naturaleza, quienes eran personas financieramente independientes, gozaban por este motivo de autonomía en las investigaciones que realizaban. De hecho, los laboratorios y espacios experimentales, generalmente se encontraban en los sótanos y desvanes de sus casas especialmente adaptados para tal labor. Debido a esto, la investigación se encontraba por fuera de las instituciones universitarias, de producción industrial y los entes estatales.

Sin embargo, debido a la gran acumulación de información cosechada den-

tro de estos primeros años de desarrollo empírico, se requirió que aquellos que se dedicaran a esta labor de pensamiento, tuvieran una formación inicial en un campo específico de reflexión. En efecto, las comunidades académicas comenzaron a reunirse alrededor de un campo de saber específico, agremiándose en los centros universitarios e institucionales, ya que la labor científica, empezó a tener costos altos y que solo el estado podía costear. Como consecuencia, la autonomía de investigación con que contaron los científicos amateurs de la filosofía de la naturaleza, comenzó a estar regulada por el estado, por el ente que estuviera a cargo de la investigación. Además, tomando la tradición epistolar de la filosofía de la naturaleza, se crearon las primeras revistas y eventos especializados, en el interior de las diversas comunidades académicas (Woolgar, S. 1991).

De esta forma, las disciplinas surgen como un modo de organización social de la ciencia, que distribuyó los discursos y las prácticas científicas en campos especializados de saber, alrededor de objetos propios de conocimiento, haciéndose evidente un paso de la *especialización* por la ciencia. De otro lado, esta visión especialista de la ciencia, la visión de la ciencia disciplinaria, se reforzó con la vinculación de la investigación con el desarrollo de los medios productivos, ya que, indudablemente, el conocimiento producido en los casi doscientos años de disciplinas, fue inmensamente vertiginoso y su aplicación a la producción produjo las revoluciones industriales más grandes de la historia.

¿QUÉ ES UN OBJETO DE CONOCIMIENTO?

Una aproximación a la comprensión y significación de lo que se denomina objetos de conocimiento, objetos de un

saber, es aquella aportada por la antropología (Chevallard, Y. 1998). Aparece imprescindible mostrar los personajes principales en esta discusión: los sujetos, los objetos, las instituciones, y la relación (personal) entre el sujeto y el objeto, y la relación (institucional) entre la institución y los objetos. Así, los sujetos y las instituciones establecen relaciones con los objetos, y por tanto, estos existen para ellos. Es decir, la condición de existencia y realidad, el estatuto ontológico de los objetos está determinado por las relaciones que los sujetos y las instituciones establecen con él, dicho de otro modo, el objeto existe en la medida en que un sujeto o una institución establecen una relación con este. Ahora bien, el sujeto conoce el objeto si ha establecido una relación con este; el sujeto conoce el objeto, y por tanto este último existe para él.

El conocimiento entonces se entiende como el conjunto de relaciones que establece el sujeto con los objetos. En el transcurrir de lo real antropológico, en el devenir de los sujetos se establecen relaciones con los objetos por doquiera que se encuentre. En el encuentro de los sujetos con los objetos, se hacen surgir conocimientos como la pisada de quién se pasea en el campo en verano hace surgir de la tierra los saltamontes (Chevallard, Y. 1998). En esta perspectiva, los objetos se constituyen en objetos de conocimiento, se definen así ontológicamente, cuando se establecen con ellos relaciones para conocerlos. El objeto nace para el sujeto, el sujeto nace con el objeto (Chevallard, 1998).

No obstante, las relaciones de conocimiento establecidas con los objetos materiales de la naturaleza, como se vio anteriormente, han estado mediadas históricamente por

un proceso de abstracción que las ha transformado en representaciones. Igualmente, las representaciones han fijado una dirección para la relación de conocimiento que va del sujeto al objeto. Es el objeto que se devela para el sujeto; es la representación una consecuencia del objeto.

Es por esto, que los objetos de conocimiento en las diferentes disciplinas científicas, son representaciones de mundo, relaciones de conocimiento constituidas por la abstracción de la naturaleza. Los discursos y prácticas de la ciencia disciplinaria, han estado organizados alrededor de representaciones. y por tanto, las relaciones de conocimiento establecidas en el interior de cada una de las disciplinas, han estado signadas por esta característica de representación. El discurso como consecuencia de la naturaleza existente.

QUÍMICA: LA CIENCIA DE LA SUSTANCIALIDAD

Hablar de química, es hablar de la disciplina científica de las sustancias. La disciplinariedad de la química radica en que, desde los criterios de demarcación de la ciencia disciplinaria, ésta se acomoda perfectamente. Sin embargo, el problema del objeto de conocimiento en química, y los discursos y prácticas que históricamente se han construido a su alrededor, se han visto difusos, dada la multiplicidad de aproximaciones que pueden hacerse y la variedad de concepciones que se tienen desde los diferentes campos interdisciplinarios, especializados y aplicados (Schummer, J. 1998). Esto, sin embargo, no puede ocultar el hecho de que la química se considera una disciplina científica, con un objeto de conocimiento claro y diferenciado, y en consecuencia, conceptos, teorías y demás elementos discursivos propios, enfoques químicos de ver

la naturaleza (de interrogarla, en términos galileanos) y formas metodológicas de intervenir sobre ella.

Es, entonces, el objeto de conocimiento en química las sustancias. La sustancialidad es la representación que los químicos han construido históricamente para dar cuenta de los objetos materiales que se encuentran experimentalmente; la materia es sustancia a través de la química. El proceso de abstracción que ha mediado en la construcción de representaciones de la naturaleza, llevó a la creación de la sustancia como categoría que de cuenta de los fenómenos materiales que son de interés para los químicos, y ella comparte un lugar con otras aproximaciones a los fenómenos de la naturaleza, hechas desde otras disciplinas, como lo son vida, energía, número, etc.

SUSTANCIAS, PUREZA Y MOLÉCULAS

A partir de las consideraciones anteriormente presentadas, el camino hacia la discusión se va haciendo cada vez más claro. Es posible ver, que la construcción del saber químico ha estado mediada continuamente por un proceso de abstracción de la naturaleza, de manera cada vez más progresiva. La constitución de la química como disciplina del conocimiento científico, ha conllevado a la organización de los conocimientos en química alrededor de un objeto: su objeto de conocimiento. Sin embargo, es determinante hacer precisiones en torno a tres conceptos que han sido vertebrantes en el trabajo de los químicos: *sustancia*, *pureza* y *molécula* (Caldin, E. 2002).

Como se dijo anteriormente, las sustancias son representaciones de la naturaleza material que se nos presenta

inmediatamente por los sentidos. No obstante, las sustancias están conceptualmente definidas, y son a la vez criterios de demarcación de otras formas de representación material. Lo que hace radicalmente diferente a las sustancias, es que ellas definen una *unidad estructural fundamental* denominada molécula¹. Sustancia es todo aquel conjunto de moléculas. Las características propias de las sustancias están referidas, entonces, a las características de las moléculas que la constituyen. La estructura de las sustancias es, en consecuencia, una estructura molecular²; las transformaciones de las sustancias son cambios estructurales de las moléculas; las interacciones sustancias/energía, son de esta última con las moléculas constituyentes.

Por otro lado, en virtud de las moléculas que constituyen una sustancia puede realizarse una de las clasificaciones más generales de las mismas. De esta forma, aquellas sustancias constituidas por la misma clase moléculas son las denominadas sustancias puras, mientras que aquellas que se encuentran constituidas por moléculas de distinta clase son las llamadas mezclas. Las sustancias puras se encuentran a su vez divididas en elementos y compuestos, dada la composición de sus moléculas, y las mezclas se encuentran divididas en soluciones y suspensiones,

dada la distribución de las moléculas en la mezcla.

Las moléculas, entonces, resultan indispensables en la definición de las sustancias, y por ende su definición conceptual resulta imperativa (Del Re, G. 1998). La molécula se define como la unidad estructural fundamental de las sustancias. Es una *unidad* por que unifica criterios de caracterización de propiedades estructurales particulares. Es *estructural* porque es organizadora de esas características, y es *fundamental* ya que es la mínima unidad que conserva las propiedades de las sustancias. Lo que caracteriza la molécula como unidad estructural fundamental es que se encuentra definida a través de tres elementos: composición, configuración y conformación (Zeidler, P. 2000).

La composición habla del arreglo de la molécula debido a sus átomos constituyentes, siendo importantes los conceptos de afinidad química y valencia. Por otro lado, la configuración habla del arreglo de la molécula debido a la organización en el espacio tridimensional de los átomos, y son conceptos primordiales enlace químico y ángulo de valencia. La conformación, por último, habla del arreglo de la molécula debido al contexto termodinámico en el cual se encuentre.

Desde esta perspectiva, surge un problema por demás interesante: el problema de la *pureza*. El concepto de pure-

¹ Una aproximación a la molécula y su relación con la representación de las sustancias, puede verse en Spector, T. 2003.

² Este punto es controversial y polémico. Al afirmar que la estructura de las sustancias está referida directamente a la estructura de las moléculas que las constituyen, se hace evidente que el concepto de molécula que se desarrolla poco tiene que ver con el concepto convencional molecular. En efecto, al hablar de los metales como sustancias, su estructura esta relacionada, no con la estructura atómica elemental, sino con la estructura cristalina, en la que los átomos se encuentran enlazados.

(continuación) Es desde esta estructura cristalina, desde esta macromolécula, que las propiedades químicas pueden explicarse. Así, entonces, la estructura de las sustancias tiene que ver con estructuras moleculares y cristalinas, que hacen que el concepto de molécula no haga referencia exclusivamente a las moléculas neutras, sino a la generalidad de las estructuras iónicas y cristalinas. Véase Paneth, F.A. 2003.

³ Una presentación más extensa acerca de la teoría molecular y sus implicaciones en el estudio de la estructura de las sustancias, puede encontrarse en Martínez, A. 2003.

za desde la aproximación molecular resuelve parcialmente ciertos problemas, pero sin embargo, no puede demostrarse ni teóricamente ni experimentalmente su existencia (Schummer, J. 1998). Tomemos como ejemplo el caso del agua. El agua desde la perspectiva molecular es una sustancia pura, pues se encuentra constituida por moléculas de fórmula H_2O . No obstante, el agua no se encuentra constituida por moléculas de la misma clase, sino que es un agregado de distintas entidades, entre las que se cuentan los iones Hidronio (H_3O^+) e Hidroxilo (OH^-); moléculas con átomos de Protio, Tritio y Deuterio; agregados moleculares unidos por puentes de Hidrógeno (como en el agua líquida), etc. Inclusive, gran cantidad de las características y propiedades del agua no pueden explicarse sino desde estas entidades y no desde las moléculas.

Asimismo, experimentalmente no puede demostrarse la pureza de una sustancia. Por ejemplo, tomemos el problema de reconocer entre dos muestras homogéneas cuál de ellas es pura (Schummer, J. 1998). Ni siquiera a partir de los más sofisticados métodos de instrumentación espectroscópica se puede dilucidar la solución a este problema, pues estos funcionan con base en comparaciones con datos preexistentes. La pureza no es una propiedad intrínseca a las sustancias, sino que simplemente es un criterio operacional para denominar sustancias en donde se han reconocido en alto grado la composición molecular, pero que sin embargo sigue estando sujeto a la incertidumbre en su reconocimiento.

TRES NÚCLEOS DE SABER FUNDAMENTALES

Siendo las sustancias la preocupación central para los químicos, tres aspectos han sido de especial atención: la

estructura de las sustancias, sus transformaciones y sus interacciones con la energía. Son estos los tres núcleos fundantes del discurso en química, encontrándose allí la gran mayoría de sus conceptos, teorías, leyes, principios y demás elementos discursivos, así como las diferentes formas de experimentación y metodologías de intervención (Christie, J.; Christie, M. 2003).

El estudio de la estructura de las sustancias ha estado referido al estudio de un concepto y una teoría fundamental: *molécula y teoría molecular*. La molécula definida como la unidad estructural fundamental de las sustancias, y la teoría molecular como el conjunto de principios que le dan sentido a la molécula como aproximación a los fenómenos químicos. En efecto, la teoría molecular le atribuye a cada una de las sustancias, que se hacen parte de la gran diversidad material, una característica de *identidad y unicidad*. Cuando la teoría molecular enuncia que *a cada sustancia le corresponde una molécula*, le asigna a cada una, una identidad a través de su unidad estructural única. Por otro lado, cuando enuncia que *dos sustancias no comparten la misma molécula*, hace única cada molécula para cada sustancia¹.

Desde la teoría molecular se han establecido los más diversos sistemas de clasificación en química, pudiendo dar un orden sistemático a las sustancias, tanto las que se encuentran en la naturaleza, como aquellas creadas a través de la síntesis química. La teoría molecular ha posibilitado la identificación de propiedades comunes entre diferentes sustancias, haciendo posible la creación de las llamadas funciones químicas, que permiten explicar y predecir el comportamiento químico de cada una de las sustancias.

El estudio de las transformaciones de las sustancias por su parte, ha estado guiado por el problema de la *reacción química*, que partiendo de los principios de unicidad e identidad de la teoría molecular, la asume como un proceso de interacción entre sustancias, que da como resultado transformación en la estructura de las mismas, y por ende sustancias diferentes a las iniciales. De hecho, la teoría de las reacciones químicas enuncia que en una reacción, las moléculas iniciales (reactivos) son diferentes a las moléculas resultantes del proceso (productos). Además, la teoría enuncia que la reacción química presenta un mecanismo, que es el conjunto de subprocesos lógicos y secuenciales que dan como resultado las nuevas moléculas.

Desde la perspectiva de la teoría de las reacciones químicas, la reacción química parte de la interacción de moléculas, y se pone de manifiesto en el cambio de estructura de las mismas, donde este proceso de cambio, se puede expresar como un conjunto de subprocesos, con una lógica y dinámicas propias. Es tan basto el poder predictivo que tiene la teoría de las reacciones químicas, que he sido posible expresar las reacciones químicas a través de un lenguaje formal: las denominadas *ecuaciones químicas*. Las ecuaciones químicas cobran sentido en el interior de la teoría molecular y la teoría de las reacciones químicas, y cumplen a su vez tres leyes fundamentales: *ley de conservación de la masa*, *ley de proporciones definidas* y *ley de proporciones múltiples*. Estas teorías y leyes son la base de los cálculos cuantitativos en química y el sistema químico formal de experimentación.

Por último, el estudio de las interacciones sustancias/energía ocupan un ter-

cer núcleo fundamental de construcción discursiva y experimental. Estas interacciones se han reunido en dos campos primordiales: la *espectroscopia* y la *fotometría* el estudio de la interacción entre las sustancias y la radiación; y por otro lado, la *termodinámica química* que es el estudio de las interacciones entre las sustancias y el calor.

En el campo de la espectroscopia y la fotometría resulta fundamental un elemento discursivo: la teoría de la absorción/emisión molecular que postula tres principios importantes. En primer lugar, plantea que las sustancias absorben radiación de manera única. A la manera como los procesos de absorción/emisión en los átomos son únicos, igualmente lo son en las moléculas. Por otro lado, la teoría había de que todas las moléculas absorben/emiten energía radiante a través del fenómeno de resonancia, o sea, la coincidencia en el valor de la energía de la radiación y la energía mecánica de uno o varios movimientos moleculares.

Así, entonces, la absorción de las moléculas, a diferencia de los átomos, tendría una continuidad dentro del espectro electromagnético o al menos en una franja, haciéndose notables las zonas de máxima absorción. Igualmente, la teoría de la absorción molecular enuncia que la cantidad de energía que absorbe una sustancia, está directamente relacionada con el número

de moléculas que se encuentran irradiadas. A partir de la teoría de la absorción molecular, fueron formuladas las leyes de Beer-Bouguer-Lambert en fotometría que son la base del análisis óptico instrumental en química.

Por otro lado, en el campo de la termodinámica química han sido estudiados dos conceptos: calor (en su concepción mecánica) y la temperatura Q , y tres propiedades químicas fundamen-

tales: *entalpía*, *entropía* y *energía libre de Gibbs*. La primera propiedad relaciona la cantidad de energía calorífica desarrollada en una reacción química, con el contenido energético potencial de las moléculas presentes. La entropía relaciona la cantidad de calor desarrollada en una reacción química y el trabajo mecánico potencial. Igualmente los procesos termoquímicos cumplen con las leyes de la termodinámica clásica.

PROPIEDADES MATERIALES: LAS PROPIEDADES QUÍMICAS

Por último, existe una discusión que es fundamental en química: el problema de las *propiedades químicas*. En un universo de propiedades materiales que pueden atribuirse a los objetos experimentales, ¿cuál es el criterio de demarcación con el que se reconocen propiedades químicas?

La pregunta por las propiedades materiales lleva implícita la pregunta por los aspectos materiales de los objetos en la naturaleza. Lo que podemos llamar aspectos materiales, son todas aquellas características que permanecen invariantes a los cambios en las calidades primarias, o sea, forma geométrica, estructura, forma, número de partes, peso, masa, coordenadas en el espacio o localización y movimiento en el espacio (Schummer, 1998). De las consideraciones de los aspectos materiales se derivan, entonces, los aspectos materiales.

Así, las propiedades materiales son todos aquellos comportamientos reproducibles, dentro de unas condiciones reproducibles, de las sustancias. Las propiedades materiales hacen referencia a objetos y contextos. De hecho son los contextos los que permiten clasificar las

diversas propiedades materiales: en el contexto de campos mecánicos aparecen las propiedades mecánicas, tales como la viscosidad y la elasticidad; en contextos de condiciones termodinámicas aparecen las propiedades termodinámicas, como la temperatura y la presión hidrostática; en el contexto de campos electromagnéticos aparecen las propiedades electromagnéticas, como conductividad eléctrica o el coeficiente de absorción; en el contexto de otras sustancias aparecen las propiedades químicas como el potencial de oxidación o la solubilidad; en el contexto de organismos biológicos aparecen las propiedades biológicas, como LD₅₀ o el efecto antibiótico o anestésico; en el contexto de sistemas ecológicos aparecen las propiedades ecológicas, como el ODP (Potencial de Depleción de Ozono) o factor Efecto Invernadero (Schummer, 1998).

Desde esta perspectiva, las propiedades químicas son las propiedades materiales que exhiben las sustancias cuando están en interacción con otras sustancias. Las propiedades químicas aparecen en circunstancias en donde el factor químico es determinante, es decir, en donde las demás condiciones mencionadas permanecen estandarizadas. Por tanto, la investigación por las propiedades químicas de las sustancias, hace referencia a la creación de contextos de experimentación en donde el factor químico es independientemente determinante, excluyendo los factores que se deben a las condiciones termodinámicas, mecánicas, biológicas o ecológicas.

COLOFÓN

Se han arriesgado varias tesis en este ensayo. Por una parte, la proposición de la científicidad de la química, desde los elementos epistemológicos y ontoló-

gicos de la ciencia disciplinaria. Ubicando la química como una disciplina del conocimiento científico, se ha dicho que esta tiene como objeto de conocimiento las sustancias. Se han puesto de manifiesto elementos del proceso de abstracción, como la representación, y otros del proceso de especialización, como objeto de conocimiento, en el discurso de la química, demostrando que se ajusta dentro del criterio de una disciplina. Así, entonces, se sustenta epistemológicamente la química como una ciencia de la naturaleza.

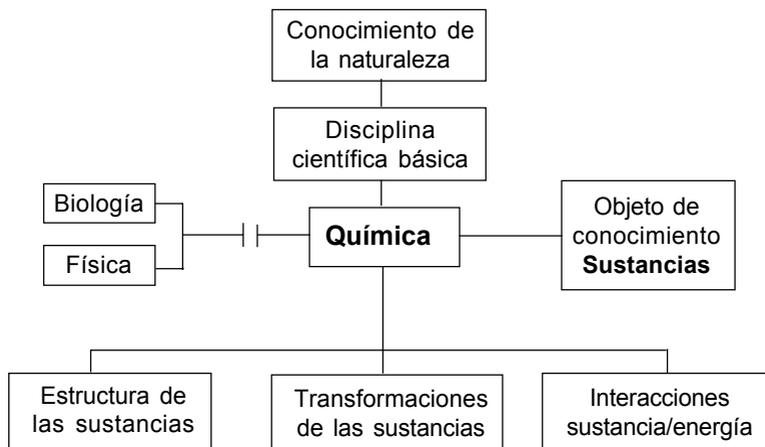
Partiendo de allí, se han hecho precisiones en torno al problema de las sustancias, y su referencia inevitable a la molécula como unidad estructural fundamental. Se ha mostrado el discurso de la química, organizado alrededor de este objeto de conocimiento, como lo es la sustancia, en tres núcleos fundamentales: la estructura de las sustancias, sus transformaciones y sus interacciones con la energía. Igualmente, se han colocado de relieve los problemas con los conceptos de pureza y molécula, que obligan a una rediscusión, que permitan la creación de nuevas categorías y conceptos que den cuenta

de manera más amplia de los fenómenos químicos.

Por último, se ha hecho una aproximación a lo químico, a partir de la consideración de los aspectos materiales, y las consecuentes propiedades materiales de los objetos de la naturaleza. Partiendo de una cierta tipología científica de las propiedades materiales, se ha definido las propiedades químicas, y su inevitable paso al estudio de los contextos y condiciones en donde el factor químico es determinante.

La discusión sobre las diversas concepciones de química, las diversas aproximaciones para definirla, continúa abierta. En la actualidad, estos debates se dan en el escenario de la interdisciplinariedad, el cuestionamiento a la ciencia disciplinaria, la representación y los objetos de conocimiento, la inversión de la relación sujeto/objeto, entre otras, que hacen parte de un nuevo espacio de discusión filosófica en torno a la ciencia. Se hace, entonces, necesario continuarlas de manera seria y rigurosa para poder encontrar elementos que redunden en discursos acerca de la química, su educación y su enseñanza.

Propuesta de Mentefacto conceptual



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALDIN, E. 2002. The structure of chemistry in relation to the philosophy of science. En: *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 8, No. 2, 103-121.
- CHEVALLARD, Y. 1998. La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado. Aique Editores. Buenos Aires.
- CHRISTIE, J.; CHRISTIE, M. 2003. Chemical laws and theories. En: *Foundations of Chemistry*, Vol. 5, No. 2, 165-174.
- DEL RE, G. 1998. The ontological status of molecular structure. En: *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 4, No. 2, 81-103.
- HYLE. 2004. International Journal for Philosophy of Chemistry. www.hyle.org
- MARTÍNEZ, A. 2003. Hacia una nueva concepción de los modelos moleculares. En: *Boletín de Práctica Pedagógica y Didáctica*, No. 37. Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional.
- PANETH, F.A. 2003. The epistemological status of the chemical Concept of element. En: *Foundations of Chemistry*, Vol. 5, No. 2, 113-145.
- SCHUMMER, J. 1998. The chemical core of chemistry I: A conceptual approach. En: *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 4, No. 2, 129-162.
- SPECTOR, T. The aesthetics of molecular representation. En: *Foundations of Chemistry*, Vol. 5, No. 3, 215-236.
- WOOLGAR, S. 1991. Ciencia: Abriendo la caja negra. Anthropos Editores. Barcelona.
- ZEIDLER, P. 2000. The Epistemological Status of Theoretical Models of Molecular Structure. En: *HYLE International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 6 (2000), No. 1, 17-34.