

Reología y química: el asunto de las realidades materiales

Pedro Abellán
Filosofía Fundamental
pedro.abellan1@gmail.com

Carlos Sierra-Lechuga
Filosofía Fundamental
carlossierralechuga@filosofiafundamental.com

Resumen:

En el asunto de las realidades materiales ha de profundizarse por vía tanto científica como filosófica. Por la primera, en esta ocasión nos serviremos de la química. Por la segunda, justificaremos que el acceso no puede ser la ontología, sino la reología. Iniciaremos con una noología mínima de las cosas materiales para poder ahondar en ellas. Entonces pondremos a debatir la ontología y la reología: hablaremos de la idea de “sustancia” química, los pluralismos ontológicos y otros resabios, para dar paso a una muestra de cómo la química y la reología se acoplan trabajando. Químicos y reólogos no están uno al servicio del otro, sino ambos al servicio de una investigación de realidad. Así, si por trabajar con las ciencias la reología es una metafísica físicamente responsable, es posible que la química (y otras) por hacerlo con la reología devengan metafísicamente responsables.

Palabras clave: metafísica científicamente informada, estructuralismo, filosofía de la ciencia, reactividad química, Xavier Zubiri

Rheology and chemistry: the question of material realities

Abstract:

The question of material realities must be explored both scientifically and philosophically. For the first, on this occasion we will make use of chemistry. For the second, we will justify that the access cannot be ontology, but rheology. We will start with a minimal noology of material things in order to deepen into them. Then we will discuss ontology and rheology: we will talk about the idea of chemical “substance”, ontological pluralisms and other remnants, to give way to a sample of how chemistry and rheology work together. Chemists and rheologists are not one at the service of the other, but both at the service of an investigation of reality. Thus, if by working with the sciences, rheology is a physically responsible metaphysics, it is possible that chemistry (and others) by working with rheology become metaphysically responsible.

Keywords: Scientifically informed Metaphysics, Structuralism, Philosophy of Science, Chemical Reactivity, Xavier Zubiri

Rhéologie et chimie: le sujet des réalités matérielles

Résumé :

La question des réalités matérielles doit être explorée tant sur le plan scientifique que philosophique. Pour le premier, nous ferons appel, à cette occasion, à la chimie. Pour le second, nous justifierons que l'accès ne peut être une ontologie, mais une rhéologie. Nous commencerons par une noologie minimale des choses matérielles afin de les approfondir. Nous aborderons ensuite l'ontologie et la rhéologie: nous parlerons de l'idée de "substance" chimique et des pluralismes ontologiques, pour laisser place à un échantillon de la façon dont la chimie et la rhéologie fonctionnent ensemble. Chimistes et rhéologues ne sont pas l'un au service de l'autre, mais tous les deux au service d'une investigation de la réalité. Ainsi, si en travaillant avec les sciences, la rhéologie est une métaphysique physiquement responsable, il est possible que la chimie (et les autres) en travaillant avec la rhéologie deviennent métaphysiquement responsables.

Mots clés : Economie, Philosophie, Rationalité, Ethique, Laïcité.

Reologia e química: a questão das realidades materiais

Resumo:

A questão das realidades materiais há-de aprofundar-se por via tanto científica quanto filosófica. Pela primeira, nesta ocasião, servir-nos-emos da química. Pela segunda, justificaremos que o acesso não pode ser a ontologia, mas a reologia. Iniciaremos com uma noologia mínima das coisas materiais para poder aprofundar nelas. Então poremos a debater a ontologia e a reologia: falaremos sobre a ideia de "substância" química, os pluralismos ontológicos e outros ressaibos, para dar passo a uma amostra de como a química e a reologia se acoplam trabalhando. Químicos e reólogos não estão um ao serviço do outro, mas ambos ao serviço de uma investigação da realidade. Assim, se por trabalhar com as ciências a reologia é uma metafísica fisicamente responsável, é possível que a química (e outras) por fazê-lo com a reologia devenham metafisicamente responsáveis

Palavras-chave: metafísica cientificamente informada, estruturalismo, filosofia da ciência,

Introducción

Este texto tiene por fin hacer explícito que el asunto de las realidades materiales es un asunto en el que ha de profundizarse por vía tanto científica como filosófica. Por la primera, en esta ocasión echaremos mano de la química. Por la segunda, aquí justificaremos que el acceso no puede ser la ontología, sino lo que ya se está llamando novedosamente *reología*¹. Esta, como toda metafísica físicamente responsable, hace de la química (y otras disciplinas) un momento interno de su propio método: *que el químico haga química es imprescindible para que el reólogo haga reología*. Probaremos que químicos y reólogos, aunque no están uno al servicio del otro, sí que ambos lo están al servicio de una investigación de realidad. Esta tarea se emprende ora científicamente, ora filosóficamente, en mutua colaboración.

En lo que sigue iniciaremos con una noología mínima de las cosas materiales para poder profundizar en ellas. Entonces pondremos a debatir la ontología y la reología. Veremos que lo que llamamos cosa-realidad material, en química se denomina instrumentalmente “sustancia”, no en el sentido de la sustancia metafísica clásica. En este sentido, concederemos que, aunque no se hace ontología, esta investigación se realiza dentro de alguna ontología (dominio de objetos) y, en consecuencia, el químico se encuentra con plurales “niveles ontológicos”, dependiendo de las herramientas que utiliza en cada caso. Esto mostrará, sin embargo, que el quehacer taxonómico de la ontología es meramente instrumental.

Por nuestra parte, será menester decir que esta investigación química (y científica en general) tampoco hace reología, pero sí da acceso al estudio reológico de la realidad de las cosas, de la realidad *rea* de las *res*. Por eso, la reología considera a las ciencias como momento de su método². Las ciencias buscan la constitución real efectiva de las cosas dando un paso fundamental

¹ Cf. Carlos Sierra-Lechuga: “Reología, ¿En qué está la novedad?”, *Devenires*, xxi, 42, (2020): 193-211.

² Cf. Carlos Sierra-Lechuga: “De res y de reus, o de la incompletitud de la mera noología”, *El valor de lo real*, Lida

en el camino reológico que, como toda metafísica, es *transfísica*, parte *ex rebus ipsis* ayudada por los conocimientos disponibles en cada caso, *ex post facto* y nunca *a priori*.

Si la realidad material, por lo que tiene de realidad, es estructura dinámica (como veremos más adelante), entonces las cosas materiales son activas por sí mismas en diferentes dinamismos y, en consecuencia, su realidad está inconclusa. La realidad material no es algo establecido de antemano, sino que emerge en cada variación, alteración o transformación de las cosas materiales. El complejólogo ha sabido desde siempre que no todas las condiciones de un sistema pueden estar dadas en las condiciones iniciales, debido a que las interacciones en sus sistemas son interacciones *relevantes*. “Condición” en griego se decía αἰτία (lo requerido para), lo que se vertió luego por “causa”³. En efecto, no todas las causas pueden estar dadas *ab ovo*, y por tanto una metafísica físicamente responsable, como la reología, no puede proceder por razonamientos *a priori* o demostraciones *propter quid*.

El estudio de la realidad material será, en consecuencia, de marcado carácter *erotético*, esfuerzo que no se agota en las respuestas sino que es preciso continuar con las preguntas, con las investigaciones, por trémulas y cuatas que sean, sobre los fundamentos de las cosas⁴. Se trata de ir preguntando a la *res*, como a un *reo*, qué ha sido lo αἴτιος que la determina a ser lo que es, y hacerlo en gerundio para que ella vaya *acusando* su propia *realitas*. El interés de las ciencias se basa en llegar a conocer fundamentos, de manera sistemática pero cautelosa, en función de las herramientas científicas y tecnológicas disponibles en cada momento⁵. Por tanto, el científico se interesa por la realidad de las cosas reales materiales en la medida en que se esfuerza por determinar sus fundamentos, en virtud de lo cual el reólogo trabaja al lado suyo y su

Mollo, Sierra-Lechuga, et al. (eds.), (Madrid: Ediciones Fundación Xavier Zubiri; 2021): 233-262.

³ Cf. Carlos Sierra-Lechuga: “*Ratio formalis*, una herramienta clásica para la metafísica contemporánea”, *Open Insight*, (en prensa).

⁴ El método de investigación reológica es *erotético*. La asignación del nombre la debemos al biólogo y reólogo Dancizo Toro.

⁵ Cf. Pedro Abellán: “De la razón pura y un nuevo realismo”, *Notas de realidad*, Filosofía Fundamental, (2021).

conocimiento es siempre una marcha inconclusa pero impelente.

En lo siguiente, veremos este trabajo en conjunto. Desarrollaremos las relaciones entre la química y la filosofía para ver la reología *in actu exercito*.

Química, noología y reología

Como toda empresa reológica, es menester partir de una noología mínima⁶. Así, vale decir que “las cosas materiales son, ante todo, las que percibimos por los sentidos y tal como las percibimos”⁷. En la aprehensión intelectual-sentiente, aquello que es percibido tiene un contenido propio, las cualidades sensibles, que también son percibidas como reales, en su formalidad de realidad⁸. Estas cualidades sensibles, que están presentes en la percepción, son cualidades formalmente reales, aprehendidas como algo en propio, *de suyo*, y constituyen lo que denominamos cosa material. El hombre describe esos contenidos percibidos en la aprehensión mediante un modo de intelección sentiente llamado *logos sentiente*.

Ahora bien, si profundizamos en la explicación de estas cualidades aprehendidas, nos encontramos con otras realidades que se encuentran en lo profundo de lo percibido, como allende nuestra percepción sensible. Mas decir “allende la percepción sensible” no quiere decir allende la aprehensión sentiente. Toda aprehensión humana es sentiente, pero no toda aprehensión es perceptiva. La realidad de un campo electromagnético no es sensible, lo percibido sensiblemente suele ser el movimiento de una aguja que lo mide (por ejemplo); sin embargo, sí es sentiente, porque ese campo tiene un carácter de suyo en virtud del cual es aprehendido (si bien no en la percepción) como real, así por ejemplo con las ecuaciones de Maxwell, mediante sus efectos, etc.

⁶ Cf. Carlos Sierra-Lechuga: “De res y de reus, o de la incompletitud de la mera noología”, *El valor de lo real*, Lida Mollo, Sierra-Lechuga, et al. (eds.). (Madrid: Ediciones Fundación Xavier Zubiri; 2021)

⁷ Xavier Zubiri: *Espacio, tiempo, materia*, (Madrid: Alianza Editorial; 2008): 333.

⁸ Cf. Ignacio Clavero: “De la realidad de los colores”, *Notas de realidad*, Filosofía Fundamental, (2021).

Pues bien, además del logos (i.e. la percepción y todo lo que implica), el hombre, requerido por las cosas mismas, *ex rebus ipsis*, se ve obligado a poner en marcha la *razón sentiente* para poder explicar los fundamentos de los contenidos de la cosa material aprehendidos ceteriormente por ese logos. Todos los contenidos, los aprehendidos en impresión y los investigados por la razón, se dan desde la cosa real *de suyo*, i.e. como formalmente reales.

Ciertos sectores científicos, con su extraordinario desarrollo teórico y práctico, han propendido a entender que la única realidad es la que atañe a los contenidos fundamentales encontrados en cada proyecto científico (esto es, a los contenidos de la razón, no a los del logos). Este modo de reduccionismo ingenuo es el típico paradigma del “realismo científico (duro)” o “racionalismo sofisticado” según el cual sólo es real lo fundamental, quedando, en consecuencia, privados de su realidad los contenidos aprehendidos por el logos a pesar de su impresión de realidad. Sin embargo, nosotros, partiendo de la noología, sabemos que las cosas sensibles actualizadas en el logos son realidad, tanto como lo son las de la razón (aunque lo sean cada uno a su modo); pero, asimismo, sabemos que esas cosas sensibles son insuficientes, pues si bien sabemos noológicamente que las cosas sensibles son *cosas en realidad*, sin embargo, no sabemos con el logos en qué consiste *la realidad de esas cosas sensibles*. Las cosas sensibles se nos presentan como insuficientes y, por tanto, exigen ir a cosas ya no sensibles aunque sí sentientes: el movimiento de la aguja me impele a buscar su fundamento, quizá un campo electromagnético. Es la marcha de la razón, *quaerens fundamentum*. Para ello, es menester usar la razón y, cuando es filosófica y trata de estos asuntos, la investigación se llama reología.

Una metafísica actual, en el horizonte de la factualidad⁹, tiene como objeto la investigación de la realidad *desde las cosas reales*. Por tanto, supera el mínimo noológico exigido luego del giro copernicano. Así pues, reológicamente puede afirmarse (como constantemente lo

⁹ Cf. Carlos Sierra-Lechuga: “Ontología y ciencia: de la sustancia aristotélica a la sustantividad zubiriana”, *The Xavier Zubiri Review*, Vol.13, (2013-2015): 5-22.

haremos más abajo) que todas las sustantividades del universo, vale decir, todas las cosas que determinan la realidad, son constitutivamente emergentes. “Emergente” quiere decir que no reposa sobre sí mismo. Esta emergencia tiene un carácter sustratual (que no substancial), pues lo emergido se apoya en un sustrato (que no substancia) o, lo que es lo mismo, ninguna sustantividad proviene de la nada. Nada reposa sobre sí mismo, nada es “espontáneo” en el sentido metafísico tradicional del término; nada es “puro”. Así tampoco este sustrato es un reducto, pues no es posible reducir una sustantividad a algo que, aunque es imprescindible para que tenga lugar esa emergencia, para que sea sustantiva, para que tenga suficiencia constitucional, sin embargo no agota la realidad de lo emergido ni se basta a sí mismo como para no *dar de sí* eso otro que, justamente, es lo emergido. Las sustantividades emergen de sustratos inmediatos y relativamente indeterminados, ya que de lo contrario tendría lugar una monótona repetición de realidades sustantivas en el universo. A este dinamismo básico del dar de sí algo otro que el sustrato se ha llamado “dinamismo de la alteración”, y se caracteriza por “un dar de sí en el que lo que se da de sí es justamente un *alter*, otro”¹⁰. Pues bien, un primer tipo de dinamismo de la alteración es el dinamismo “de la transformación”. En él, los sistemas estructurales sustantivos han emergido a partir de sustratos, éstos se han *trans-formado*, han dinamizado su forma, su estructura. Indagar todo esto, como es evidente, no es tarea noológica sino reológica. Aquí comienza nuestra labor.

Química, ontología y reología

¿Está la química más cercana a la ontología o a la reología? En química, las cosas materiales no son sustancias en el sentido metafísico del término. Ateniéndonos a una definición de “sustancia” que todos puedan tener a la mano, según la RAE hay dos acepciones. Una filosófica, por lo demás, acorde con la tradición metafísica típica: *realidad que existe por sí misma y es soporte de sus cualidades o accidentes*. Esta idea filosófica fue levantada y sostenida por la

¹⁰ Xavier Zubiri: *Estructura dinámica de la realidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1989): 129-133.

ontología¹¹, y en virtud de ello, hemos dicho en otro sitio que su razón formal, de la substancia, es la “independencia consecuencial”¹². Para una visión substancialista, lo real se constituye independientemente del resto, y el resto es consecuencial a lo real. Así, por ejemplo, la substancia es lo que es *in se*, y sólo *ab alio* le adviene el movimiento, su devenir o sus relaciones. En este sentido, la substancia no cambia, lo que cambia es lo advenedizo, los “accidentes”, *συμβεβηκότα*; si la substancia cambia deja de ser *tal* substancia. El clásico “cambio substancial” no es en rigor una transformación sino una sustitución de formas.

La otra acepción es la que tiene el término en sentido ordinario: *materia caracterizada por un conjunto específico y estable de propiedades*. Vale decir de inmediato que, si en algún sentido puede decirse que las cosas materiales son sustancias, lo sería según esta última acepción. Un sentido trivial o, a lo sumo, operativo, pero en definitiva no sustantivo. No hay cabida en la química, afirmamos, para algo en lo que apoyar la idea metafísica de la substancia¹³. Ya a principios del siglo XIX quedó establecido que estas “sustancias” de la química son sistemas estructurales dinámicos y emergentes, por tanto, que tales “sustancias” no son las “sub-stancias” de la primera acepción (nótese nuestra omisión de la “b” en el primer caso). Designamos con “sustancia” a la idea operativa, no filosófica, que tiene el químico de algunos de sus “objetos” (más abajo volveremos a esto de los objetos químicos). Mientras que designamos por “substancia” la idea filosófica, metafísica tradicional, que está delimitada en términos de unas propiedades intrínsecas, unas relaciones categoriales, una discernibilidad absoluta (o fuerte) y cuya razón formal es la independencia consecuencial, es suma, un *property bearer* quimérico.

¹¹ Cf. Carlos Sierra-Lechuga: “Metafísicas del proceso, ¿precuroras de la reología? El caso de Whitehead, Bohm y Rescher”, *Evoluciones Metafísicas. Permanencia, Emergencia y Diálogo*, Llanes (coord.), (Caracas: Rivero Blanco Editores; 2020): 161-217.

¹² Cf. Carlos Sierra-Lechuga: *El problema de los sistemas desde la reología de Xavier Zubiri: para una metafísica contemporánea de la sustantividad*, (Viña del Mar: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2019).

¹³ Cf. en este mismo volumen Carlos Sierra-Lechuga: “Estructura y realidad, una investigación de reología”. *Lógoi. Revista de Filosofía*. Caracas. UCAB. N. 42. Julio-diciembre (2022): 80-126

Pues bien, la realidad material, objetivo de la química, no es substancial. La realidad es dinámica y las cosas son sistemas relativamente estables condicionados por campos de estructuras dinámicas (lo que en otros sitios se ha llamado “campos físicos de respectividad”¹⁴). La realidad, por tanto, no es algo puro e inmutable. Las cosas reales van emergiendo y desapareciendo según una marcha dinámica; este dinamismo no consiste en sustituir formas substanciales, sino en dar de sí nuevas formas de realidad que conservan a su modo las formas ceteriores. Con el fin de tratar de entender la contribución de la química a la metafísica reológica, propondremos a lo largo de este escrito el ejemplo de las realidades materiales que han emergido de la estructura del átomo de carbono. Con él, pretendemos dejar claro que estas realidades son estructuras y no “objetos” portadores de propiedades. Aunque el ejemplo nos aparecerá constantemente desde ya, será crucial en la parte final del texto donde, de forma evidente, haremos notorio que los asuntos químicos son estructuras y no “objetos”.

Ocorre que el átomo de carbono es una cosa real, es un sistema estructural, una *res*, aunque sólo lo sea en condiciones muy específicas. Así, por caso, el grafito no es ya un conjunto de átomos de carbono, sino que, *por su estructura*, es un sistema diferente, aunque sus subsistemas estructurales puedan ser determinados analíticamente como átomos de carbono. Las cosas reales son, pues, sistemas estructurales que emergen entre estructuras a partir de otros sistemas, e igualmente están en respectividad con otros sistemas más para, en cada momento, hacer presente (i.e. actualizar) la realidad dinámica de las cosas efectivas y concretas. A los sistemas estructurales llamamos técnicamente en reología *sustantividades*. Las *sustantividades* son *sustantivas* por gozar de una relativa y siempre abierta *suficiencia constitucional*. Durante unos momentos y en determinadas condiciones ($\alpha\iota\tau\iota\alpha$), los sistemas son suficientes para “tener” la constitución que tienen, entonces decimos que son *sustantivos*, que son *res*, reológicamente hablando.

¹⁴ Cf. Carlos Sierra-Lechuga: El problema de los sistemas desde la reología de Xavier Zubiri: para una metafísica contemporánea de la sustantividad, (Viña del Mar: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2019).

Ahora bien, por otro lado, las realidades materiales, las *res* materiales, han sido vistas regularmente como *objetos*. Y en filosofía quien ha tipificado las *res* en virtud de su objetividad ha sido la *ontología*. Ontologías las ha habido de tres tipos en la filosofía: la relativa a los inteligibles en tanto inteligibles (ontología “original” de Lorhard), la relativa al ente en cuanto ente (ontología “continental”, éste es también el sentido más afamado) y la relativa a los objetos que hay en un dominio (ontología “analítica”). A pesar de sus diferencias, sin embargo, a todas se llama ontologías en virtud de un factor común: su substancialismo.

La relativa a “lo inteligible” termina por concluir que hay un objeto puro que reposa idealmente sobre sí mismo, al modo de las sustancias platónicas que tanto transparecieron en la *Schulmetaphysik*; la relativa al “ente” termina por concluir que el *ens reale* es sustancia primera y que su *essentia* es sustancia segunda; la relativa a los “objetos que hay (en un dominio)” termina por concluir que éstos son tales en virtud de sus propiedades intrínsecas, su discernibilidad absoluta y demás cualidades típicamente substancialistas. “Toda ontología, del color que sea, por su propia naturaleza, parte de o concluye que las «cosas» son algo en sí mismo constituido *independientemente* del resto de lo demás, en virtud de sus *proprietates* intrínsecas y que, por tanto, son fuertemente discernibles, de modo que la relación que pudiera darse entre ellas no es más que lo que otrora se llamó ‘relación categorial’ y que hoy se llama ‘relación superveniente’”¹⁵. A estos “entes” así calificados, también se llama “objetos”. Objeto es aquello que “se da ante”, pero para darse así, objetivamente, debe cumplir ante todo con las características ya descritas, típicas de las sustancias.

Pues bien, desde el punto de vista químico, el átomo es un *sistema estructural*. También lo son las moléculas, los compuestos, los productos de reacción, los cristales, los metales, etc.

¹⁵ Carlos Sierra-Lechuga: “Metafísicas del proceso, ¿precursoras de la reología? El caso de Whitehead, Bohm y Rescher”, *Evoluciones Metafísicas. Permanencia, Emergencia y Diálogo*, Llanes (coord.), (Caracas: Rivero Blanco Editores; 2020): 164.

Cierto es que lo que llamamos cosa-realidad material, en química se denomina usualmente “sustancia”, pero no es la “substancia” metafísica clásica que antes hemos negado, sino que se refiere a un compuesto determinado que, como tal *compuesto*, no es soporte de propiedades sino sistema estructural. Si bien la química, como todas las otras ciencias, no hablan de la realidad *qua* realidad, de su razón trascendental, etc., sino que operan con nociones acotadas a sus campos epistémicos, sí es cierto que a partir de los resultados científicos unas y no otras conclusiones metafísicas pueden sostenerse. En función de éstos es que ha solido hablarse de la “autonomía ontológica del mundo químico”, o bien se han defendido pluralismos *ontológicos* para dar cabida a más “objetos” que los de la física fundamental¹⁶. Pero para nosotros es exigible un mínimo de rigor en el término destacado si se quiere defender la jurisdicción de una ciencia.

En química, los procesos de investigación persiguen el conocimiento sobre las cosas materiales. Pero es preciso abordar estos procesos con, al menos, dos perspectivas diferentes: la química molecular y del estado sólido, por un lado, y la química cuántica, por otro. La relación entre estos dos campos es problemática y requiere asumir ciertas aproximaciones y consideraciones que soslayan posiciones incompatibles. De esta forma, se hace preciso contemplar un cierto “pluralismo ontológico” en el estudio de las realidades materiales. Ahora bien, como hemos dicho, la ontología es o relativa a los inteligibles o a los entes o a los objetos, pero en todos los casos se tratan de sustancias discernibles, con propiedades intrínsecas, con relaciones meramente supervenientes, etc. Cuando se habla de “pluralismo ontológico”, pues, lo que quiere decirse es que hay distintas clases de objetos (inteligibles, entitativos), irreductibles entre sí, no más. Los objetos son tales por las propiedades lógicas que los hacen pertenecer a una clase y no a otra. Por eso solemos decir los reólogos que la ontología siempre es onto-lógica. Pues bien, por esto es que, como señalamos, suele decirse que la consideración ontológica en química se articula en al menos dos niveles: el de la química cuántica y el de la química molecular. Hay

¹⁶ Olimpia Lombardi: “¿Acerca de qué nos habla la química? Nuevos argumentos en favor de la autonomía ontológica del mundo química”, *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 13.26, (2013): 129.

un “pluralismo ontológico”, se dice¹⁷, incluso al interior de la química misma. Los núcleos, los electrones y las moléculas se estudian como individuos *discernibles*, ya que los núcleos y los electrones disponen de ubicaciones espaciales definidas. Sin embargo, su movimiento se define de manera cuántica, mediante la ecuación de Schrödinger. El núcleo se encuentra localizado en el centro del átomo y los electrones se encuentran alrededor de él, aunque la teoría cuántica determina áreas de máxima probabilidad para su ubicación.

Como decimos, en este sentido se ha planteado un “pluralismo ontológico” que permitiría resolver el conflicto de la existencia de los orbitales en el campo ontológico de la química molecular, aunque no existirían en el de la química cuántica. Esta propuesta rechaza la “reducción ontológica” de la química molecular a la química cuántica; conceptos incompatibles en el ámbito teórico pueden ser utilizados sin conflicto al coexistir las ontologías con el mismo nivel en sus estatutos ontológicos. Según esta propuesta, los conceptos de *identidad* y *discernibilidad* se deberían abordar de diferente forma según el nivel ontológico que consideremos¹⁸. A escala de química molecular la identidad y la discernibilidad se ponen de manifiesto en función de las “propiedades” observables o medibles con los instrumentos científicos disponibles. En condiciones ambientales definidas, el estudio de la estructura de una sustancia química concreta nos permite establecer relaciones de identidad y discernibilidad con otras sustancias químicas. De hecho, la ECHA (European Chemicals Agency) afirma que “la identificación de la sustancia es un proceso por el que se establece la identidad de aquella”¹⁹. Definición circular, qué duda cabe, que no obstante posibilita a los ontólogos afirmar cosas tipo “*no entity without identity*”²⁰.

Sin embargo, esta posibilidad de *identificar* y, por tanto, de *entificar*, se convierte en

¹⁷ Olimpia Lombardi: “¿Acerca de qué nos habla la química? Nuevos argumentos en favor de la autonomía ontológica del mundo química”, *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 13.26, (2013):

¹⁸ Cf. Simon Saunders: “Are quantum particles objects?”, *Analysis*, 66 (2006): 52-63.

¹⁹ <https://echa.europa.eu/es/regulations/reach/substance-identity> Consultado del 9 de septiembre de 2021.

²⁰ Willard Quine: *Ontological Relativity and Other Essays*, (New York: Columbia University Press; 1969): 23.

problemática ya en la química molecular misma, por ejemplo, cuando varían las condiciones de presión y temperatura del ambiente, como puede comprobarse al observar los diagramas de estado de fases. El agua es idéntica a otra sustancia agua, pero no a la sustancia hielo, resultando, por tanto, claramente discernibles. Podría uno decir: “si se discernen (absoluta, relativa o débilmente, poco importa para el caso) el agua del hielo, entonces el agua y el hielo son idénticos a sí mismos”, sí, pero ¿qué ganamos con saber algo que ya sabíamos? $A = A$, con ser verdad, es una trivialidad, verdad de Perogrullo. Sólo podríamos aplicar estos conceptos si consideramos formalmente las estructuras moleculares básicas constitutivas de ambas sustancias, y entonces afirmar que *constitutivamente* el agua y el hielo consisten en un subsistema que estructura dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno, pero esta intromisión ya no es ontológica sino química y reológica. De hecho, la misma ECHA sabe que para identificar una sustancia es menester conocer la *composición* química. El asunto, como siempre, está en la *compago*, no en un soporte de propiedades.

Ahora bien, si nos movemos en el campo de la química cuántica, estos criterios (de identidad y discernibilidad) sólo pueden ser abordados de manera teórica y aplicando funciones estadísticas y de cálculo de probabilidades, condiciones que, de momento, exceden al ámbito de las características observables y medibles de estas sustancias químicas. Y es aquí, en este ámbito cuántico, basándonos en planteamientos estadísticos con una certidumbre limitada, donde resulta evidente que no podemos considerar los criterios de identidad y discernibilidad *típicos* de las ontologías en las sustancias químicas, de las sustantividades materiales, ya que se trata de sistemas estructurados caracterizados por unos subsistemas de notas constitutivas que se desentienden por completo de los conceptos clásicos.

Es menester decir que la irrupción de las nuevas teorías relativista y mecano-cuántica a principios del siglo XX ocasionó una ruptura con la concepción tradicional de la realidad. Como consecuencia de esta ruptura el profesional de la filosofía se encontró, por un lado, en una suerte

de racionalismo ingenuo, al considerar que lo real es sólo aquello que podemos explicar con las herramientas científicas clásicas; por otra, en una suerte de realismo ingenuo, que ignoraba que las nuevas teorías establecían serias restricciones a los principios metafísicos esenciales de la ciencia clásica, como la localidad, la causalidad, la identidad y la discernibilidad²¹. Por eso, por útil que puedan ser los “pluralismos ontológicos”, es decir, la distinción entre niveles (o clases) de objetos, no deja de ser más que una mera utilidad instrumental, sin calado filosófico ni enjundia metafísica, porque lo único que hace es taxonomía, como de hecho lo ha hecho toda ontología desde Porfirio (aun cuando en él no se llamase así). El calado metafísico no está en distinguir objetos, clasificarlos y guardarlos en el escaparate de conceptos técnicos fijos. Está en averiguar la *razón formal* del comportamiento de los observables. Los viejos planteamientos metafísicos de la epistemología y la ontología han de dar paso a una nueva metafísica que sea la filosofía que la ciencia merece (como pedía Gaston Bachelard), con derroteros como el de la noología y la reología, respectivamente²².

Cierto es que unos “objetos” no son reducibles a otros, los químicos en activo lo tienen claro. Pero lo interesante aquí, reológicamente hablando, no está tanto en las cualidades de esos objetos, sino en su *razón formal*, es decir, en aquello que los constituye a ser tales, y esto es los campos estructurales de los cuales momentáneamente emergen unos nodos más o menos estables, en virtud de cuyos dinamismos se va complejizando dicha estabilidad para ir dando realidades cada vez más reguladas pero también más delicadas. Es el dinamismo que va desde la mera variación local hasta el dinamismo de la mismidad, propio de las *res vivas*²³, y otros. La enjundia filosófica no es ontológica sino reológica. Podemos decir, en consecuencia, que el químico en la actualidad no es un substancialista, i.e. la química no apoya en rigor la metafísica substancialista y lo que pueda decir la ontología desde ahí tiene un interés local. Y aunque probablemente antes

²¹ Pedro Fernández Liria: *¿Qué es Filosofía?* (Madrid; Ediciones AKAL: 2010): 410.

²² Cf. Carlos Sierra-Lechuga: “De res y de reus, o de la incompletitud de la mera noología”, *El valor de lo real*, Lida Mollo, Sierra-Lechuga, et al. (eds.). (Madrid: Ediciones Fundación Xavier Zubiri; 2021).

²³ Cf. en este mismo volumen César Rodríguez: “El dinamismo de la realidad viviente”. *Lógoi. Revista de Filosofía*. Caracas. UCAB. N. 42. Julio-diciembre (2022): 249-281.

el químico podía creerse tal, condicionado por la metafísica del momento, por el lenguaje y por los avances trémulos de su incipiente ciencia, ahora el químico profundiza en la estructura de la realidad cuando consigue explicar unos sistemas estructurales en relación con otros más fundamentales en vez de cuando pretende transmutar *sustancias* a partir de conmutar (lo que él creía que son) *substancias*. En efecto, el objetivo de la alquimia era conseguir artificialmente el “cambio substancial” aristotélico, y en eso consistió su fracaso; sólo cuando comenzó a desprenderse de resabios metafísicos ontológicos, surgió de ella lo que hoy llamamos química, es el éxito de gente como Lavoisier y Boyle que comenzaron a entender, parca pero decisivamente, la constitución material en sentido estructural.

Hoy el químico, decíamos, profundiza en la estructura de la realidad cuando explica unos sistemas en respectividad con otros más fundamentales. Por ejemplo, la química cuántica utiliza la constante de Planck y nos permite explicar paso a paso, sistemáticamente, la íntima composición del átomo, sus posibles niveles de energía en base a números cuánticos. Y lo que hace es explicar las posibles relaciones entre esos niveles de energía en las estructuras internas del átomo mediante diferentes teorías (enlace de valencia, orbitales moleculares, campo cristalino, etc.,) con la ayuda de principios matemáticos. Ocurre que como a estos sistemas la química los *conceptualiza* dándoles una cierta fijeza (por ejemplo, en la tabla periódica), obtiene con estos conceptos unos *objetos*, el “campo de su ontología” que constituye justamente el *objeto de estudio* de la química (y sus “niveles”). En virtud de esta ontología, el químico estudia esos objetos y no otros, se constriñe su “campo epistemológico”. En este sentido, podemos conceder que, aunque la química no hace ontología, su investigación se realiza dentro de un campo de objetos y, en consecuencia, el químico se encuentra con diferentes “niveles ontológicos”, dependiendo de las herramientas disponibles que utiliza en cada caso.

Sin embargo, en rigor, el químico sabe que estos objetos así fijos en conceptos son instrumentos, dispositivos pragmáticos para orientarse más o menos en una realidad propiamente

estructural. Los objetos son entendidos como motivos de conocimiento y no como soportes de propiedades, no como substancias metafísicas. Así, cuando el químico opera sobre sus objetos, no halla en ellos lo que un ontólogo halla en la idea generalísima de “objeto”, a saber, un *concepto* tipificado por discernibilidad absoluta, propiedades intrínsecas, relaciones categoriales (supervenientes), etc. En definitiva, no halla en sus objetos *independencias consecuenciales*.

Ahora bien, taxonómicamente podemos decir que la química se mueve en “campos ontológicos”, pero la labor efectiva del químico, y en virtud de la cual su ciencia es ciencia y no mera taxonomía, es moverse *entre realidades*. La química no es el estudio de conceptos químicos (campos ontológico-epistemológicos), sino de realidades químicas. La química no es ciencia de los conceptos del carbono, sino ciencia del carbono. Así y todo, el químico, que trabaja en la realidad material y sus estructuras, no considera esta realidad material como un trascendental, sino por cuanto tiene de talitativo. Esta realidad *qua* trascendental es *cosa, asunto*, de la metafísica reológica. A diferencia de la química, en reología no interesa únicamente el fundamento de la cosa real material, *tal* fundamento, sino la realidad como un trascendental de las cosas en respectividad, es decir, *cómo lo trascendental se talifica en lo químico*. Y fiel al principio metafísico de responsabilidad física, la metafísica reológica sólo puede sustentarse en la profundización en los fundamentos de las cosas reales que determinan la realidad de forma trascendental (i.e. la función trascendental de lo talitativo), a través de ellas y a partir de los resultados de los estudios científicos. Por ejemplo, a partir de los logros de la química, sabemos ahora que el átomo de carbono no es un núcleo rodeado de electrones, sino un sistema estructurado que se relaciona con otros sistemas y forma parte de otros sistemas muy diversos entre sí. Así, el reólogo afirma con ello que el átomo de carbono no es un rigor un “a-tomo” independiente, un núcleo duro ajeno a toda relación categorial. Este sistema atómico adopta distintas configuraciones, permitidas y calculadas por los métodos cuánticos, de forma que no podemos considerarlo como una *pedra angular* definida, discernible y subsistente que permite la construcción mecánica de otros “eslabones” sobre sí. El átomo de carbono se constituye en

estructuras diferentes en función de su comportamiento dinámico.

Así pues, la aproximación filosófica a la ciencia y, en concreto, de la reología a la química, supone considerar los avances en los distintos ámbitos de la realidad en la fundamentación de las cosas materiales; ámbitos reológicos que, en tanto estructurales, no son ya “campos ontológicos”, entre objetos acabados, con sus “*properties and ties*”, sino *campos físicos de respectividad* que determinan otros sistemas que, modelados en un “espacio fase” reológico, operan con-estructural, extra-estructural y trans-estructuralmente²⁴. Como ejemplo, el descubrimiento de nuevas formas alotrópicas del carbono tiene una extraordinaria repercusión más allá del campo químico, operando también en el social, micro-tecnológico, tecnológico espacial, sanitario, toxicológico, biológico, ecológico, etc. Todas estas repercusiones permiten el enriquecimiento de la realidad que como tal emerge dinámicamente, que como tal va dando de sí.

Química y reología

Conviene revisar este dinamismo que consiste en dar de sí, echando a andar el aparato reológico ayudado por la investigación química. En lo que sigue, se verá a lo largo del texto, a través de las explicaciones químicas pertinentes, cómo esta ciencia no apoya las ideas substancialistas de la ontología y, por el contrario, trata constantemente con sistemas, estructuras y dinamismos, asuntos todos de la reología que hemos estado defendiendo en este texto y otros dedicados exclusivamente al tema²⁵.

En lo siguiente, pues, mostraremos *in actu exercito* el destilado filosófico que la reología puede ir haciendo de las ciencias; será una muestra práctica que deje en evidencia que lo que hay

²⁴ Esta es una idea que desarrolla el médico y reólogo César Rodríguez.

²⁵ Cf. Carlos Sierra-Lechuga: El problema de los sistemas desde la reología de Xavier Zubiri: para una metafísica contemporánea de la sustantividad, (Viña del Mar: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2019).

son estructuras dinámicas y que los asuntos de la química, sus sustancias, son sistemas, no substancias. Para empezar, más nos valdría ir dejando de hablar de “sustancias” en química, para evitar equívocos entre acepciones no equivalentes, como las de la RAE. Conviene, pues, aclarar nociones reológicas básicas²⁶ para lo que viene y para poder entender de otro modo (quizá mejor) los asuntos de la química.

Las cosas de la química, sus *res*, no son substancias ni propiamente objetos (estos sólo operan, pero no es lo que se investiga); sus *res*, llamadas por tradición “sustancias”, son *sustantividades*. “Sustantividad” es un “sistema estructural de notas” cuya razón formal es la *suficiencia constitucional*. Esta suficiencia constitucional la tiene en virtud de ser un *sistema*, no ya en virtud de un sujeto, un *ὑποκείμενον* al modo de las substancias. Si sustantividad es un sistema estructural de notas, detengámonos en estos tres términos brevemente.

“Nota” no es lo mismo que “propiedad”, pues la idea de propiedad está estrechamente ligada a la metafísica sustancialista, toda vez que la substancia se entiende como un *property bearer*, tanto tradicionalmente (la “propiedad” era un categorema de la ontología: un convertible no esencial con el sujeto) como aún hoy²⁷. Las propiedades serían algo que las substancias poseen, pero las notas no son algo que se posee intrínsecamente, sino algo en que se es. Una piedra no posee dureza sino que es dura. Es una especie de «inversión» de la visión clásica, pues en ella las propiedades sólo eran tales si inherían a un sujeto, aquí es la sustantividad quien se expresa en sus notas, por tanto, éstas no son *inherentes* a un sujeto sino *coherentes* entre todas: sistemáticamente. Nota es un carácter *en* que la cosa se actualiza (i.e. se hace presente) realmente.

“Sistema” quiere decir que cada una de estas notas es “nota-de”, es decir que toda nota *está puesta en función* de todas las demás y del todo de las demás. La cosa no es la suma de notas,

²⁶ Cf. Carlos Sierra-Lechuga y Gerardo Trujillo: “Un asunto pendiente: las notas sistemáticas de la sustantividad”, *Post-filosofie* (en prensa).

²⁷ Cf. John Heil: *From an Ontological Point of View*, (Oxford: Oxford University Press; 2003).

como dice Zubiri: “la cosa no es verde, *más pesada, más caliente, etc.*, sino que es una unidad intrínseca. Es lo que llamamos *sistema*”²⁸. Los *sistemólogos* entienden por sistema “un complejo de elementos interactuantes”²⁹ o un “complejo cuyos componentes están interrelacionados en lugar de aislados”³⁰, “*let’s call a «system» a collection of objects with certain properties and relations*”³¹, incluso Zubiri dice que “un sistema es un conjunto concatenado o conexo de notas posicionalmente interdependientes”³². Aunque estas definiciones pueden formalizarse incluso en el lenguaje del análisis matemático, nos basta con señalar aquí que la constante en todas estas expresiones está en lo de las interacciones, interrelaciones o conexiones, que hoy dirían los *complejólogos* que son «relevantes», en virtud de lo cual los ecólogos, por ejemplo, pueden darles un sentido basal e incluso cuantificarlas en cuanto estructuras más o menos complejas, así Ramón Margalef dijo que: “*The interrelations between the constituent elements are the basis of the structure. Of course, it is possible to recognize and measure different degrees of structure*”³³. Esto es lo que se llama “madurez” de los sistemas ecológicos. Un sistema, pues, es un *complejo estructural*, no primeramente un complejo de elementos estructurados sino un complejo *de las estructuras como tales*.

Por último, “la estructura es la actualidad de la unidad primaria en un sistema constructo de notas”³⁴. Es decir que es *gracias a la estructura* como el sistema *se hace presente*, esto es, se actualiza: sin estructura un conjunto de elementos no *hace sistema*, no se actualizaría como sistema. Una piedra se actualiza (se hace presente) *en su nota-dureza* (no tiene dureza sino que es dura), pero no se actualiza como dura *por su dureza*, sino, en este caso, por su estructura

²⁸ Xavier Zubiri: *El hombre y Dios*, (Madrid: Alianza Editorial; 2012): 33.

²⁹ Bertalanffy, Ludwig von: *Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollos, aplicaciones*, (México: Fondo de cultura económica; 1989): 55.

³⁰ Bunge, Mario: *Ontología II: Un mundo de sistemas*, (Barcelona: Gedisa; 2012 (1979)): 29.

³¹ Psillos, Statis: “The Structure, the Whole Structure, and Nothing but the Structure?” *Philosophy of Science*, 73, (Chicago: The University Chicago Press; 2006): 563.

³² Xavier Zubiri: *Sobre la esencia*, (Madrid: Alianza Editorial; 2008): 146.

³³ Ramón Margalef: “On certain unifying principles in ecology”, *The American Naturalist*, v. 97, No. 897, Chicago, The University of Chicago Press, Nov.-Dic., (1963): 357

³⁴ Xavier Zubiri: *Estructura dinámica de la realidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1989): 37.

molecular mineral que hace que su materia esté en determinada fase: la sólida. Un complejo de meros elementos sin estructura es un “conjunto”, no un sistema. Dicho en breve: la estructura es aquello *por lo que* se actualiza un sistema. En sentido general, la estructura es una relación en sentido fuerte vinculante, pero en reología la idea de “relación” desaparece porque ésta supone los relatos, aunque se conserva el sentido vinculante, a esto se llama “respectividad”. Respectividad es el carácter de apertura dinámica o bien la “sola estructura” en virtud de la cual cada una de las cosas (o cada nota) es lo que es por estar abierta a las demás. Estructura es, pues, *estructuración* dinámica de notas y sistemas sin la cual no habría ni notas ni sistemas, por tanto, es quien va determinando lo que las cosas son. Por eso, en rigor, *estructura es determinación dinámica y funcional*. De aquí que estructura siempre sea estructura dinámica y que el sustantivo *estructuración* y el verbo *estructurar* sean la acción y efecto de determinar dinámica y funcionalmente, teniendo por resultado (momentáneo) *el hacer sistema*.

En suma: mientras que la “nota” es el carácter *en el cual* se está actualizando el sistema (la cosa, la sustantividad), lo crucial está en el “de”, que es la estructura *por la cual* se está actualizando el sistema (la cosa, la sustantividad). Entonces, tenemos que, por un lado, la «nota» es *en la que* se actualiza el sistema. Por otro, la «estructura» es *por la que* se actualiza el sistema y, por último, el «sistema» es el complejo estructural, la «unidad estructural» de las notas. Si la sustantividad es el sistema estructural de notas y ya hemos aclarado estas tres nociones, podemos por sustitución de términos dar una definición más explícita y decir que *la sustantividad es un complejo estructural de caracteres en los que se actualiza ese mismo complejo estructural entero*. Partiendo de esta base reológica, vayamos a la química de las sustantividades materiales.

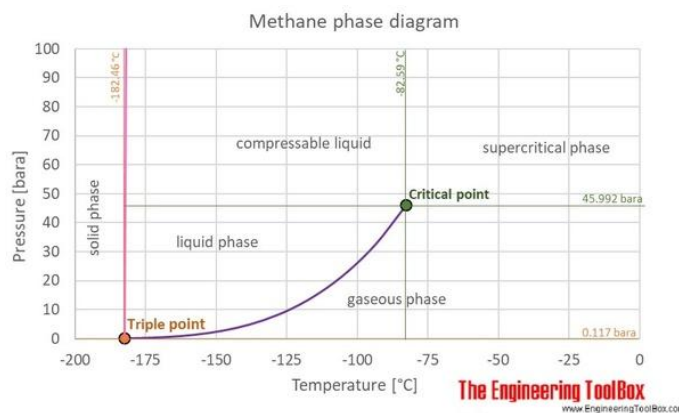
Las sustantividades materiales están formadas por moléculas y átomos que se enlazan estructuralmente entre sí formando sistemas definidos. Pero la realidad de estas cosas, de estas sustantividades, es dinámica y precisa de unas transformaciones, ya que los enlaces entre átomos y moléculas son susceptibles de cambiar y dar origen a nuevas cosas. Como hemos dicho:

estructura es estructuración. Pueden ocurrir cambios simplemente físicos en los que se modifican las notas de las cosas, pero no su estructura molecular o atómica. En este caso, hablamos de un tipo de dinamismo que afecta a las notas adventicias de una sustantividad (las “menos vinculadas”), el denominado “dinamismo de la variación”. Ejemplos de estos cambios son los de estado de la materia, las transiciones de fase, las mezclas y las soluciones.

Veamos un ejemplo de cambio de estado de la materia para el gas metano, que también lo tomaremos como ejemplo más adelante. El metano es un gas en condiciones normales de presión ($P = 760$ mm de Hg) y temperatura ($T = 273^{\circ}\text{K}$). Las leyes de la teoría cinética de los gases nos permiten predecir el volumen que ocupará este gas a distintas condiciones de P y T , aplicando la ecuación de van der Waals:

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

Donde a y b son magnitudes que corresponden a cada gas; en el caso del metano, $a = 2,253$ y $b = 0,0428$, consideradas a presión, temperatura y densidad críticas.



Como podemos observar, desde el punto de vista químico nos referimos a una única “sustancia”, el metano, pero que en función de las condiciones ambientales se presenta como

diferentes cosas reales, diferentes sustantividades. ¿Qué ha pasado? Que lo que en todas estas sustantividades se conserva es un subsistema mínimo de notas constitucionales que lo hacen seguir siendo, a pesar de la fase, *el mismo metano*. En sustantividades distintas podemos hallar algunas notas constitucionales iguales; luego otras notas, las sistemáticas, serán las que nos distingan unas sustantividades de otras (en este caso, su fase).

Mediante expresiones matemáticas sencillas podemos predecir las características que tendrán cada una de esas fases, aceptando siempre algunas restricciones. Es aquí donde hacer las distinciones ontológicas “pluralistas” torna evidentemente mera taxonomía. En este estrato nos podemos referir a las cosas materiales químicas como sustancias, más o menos delimitadas, pero dando por sabido que no lo son en propiedad, sino que más bien constituyen sistemas estructurales, sustantividades. La descripción química-cuántica de cada una de esas fases, así como la predicción de las características físico-químicas esperadas para cada fase, se presenta como una tarea inalcanzable en la práctica. Esta situación nos lleva a establecer que el campo ontológico químico-cuántico difiere del químico-estructural y que éste, a su vez, no es compatible con el de la química mecano-cuántica.

Hay, además del dinamismo de la variación, uno particularmente interesante para el reólogo químicamente influenciado: el dinamismo de la transformación. Si la alteración afecta a las estructuras moleculares o atómicas, y más concretamente a sus enlaces (léase “relaciones *vinculantes*”), tienen lugar las reacciones químicas, la aparición de productos a partir de reactivos. Nos referimos, entonces, al tipo de dinamismo ya no de “la variación” sino “de la alteración”, al “dinamismo de la transformación” de las sustantividades materiales. Ya lo hemos dicho antes, este dinamismo no consiste en sustituir formas substanciales, sino en reasumirlas: es una transustantivación por transactualización³⁵. Y transluce arquetípicamente en las reacciones

³⁵ Cf. en este mismo volumen Carlos Sierra-Lechuga: “Estructura y realidad, una investigación de reología”. *Lógoi*. Revista de Filosofía. Caracas. UCAB. N. 42. Julio-diciembre (2022): 80-126. O bien Carlos Sierra-Lechuga y Gerardo Trujillo: “Un asunto pendiente: las notas sistemáticas de la sustantividad”, *Post-filosofie* (en prensa).

químicas. Para poder hablar de ellas, es menester pasar revista rápida la configuración de la estructura atómica.

A finales del siglo XIX, Dewar y Hofmann plantearon una teoría estructural de la química en base a modelos tridimensionales de átomos ordenados. Sin embargo, estos modelos no dejaban de ser artificiales y surgió la pregunta sobre si estos modelos correspondían fielmente a la realidad química. A continuación, Kekulé, Crum Brown y Frankland se mostraron extraordinariamente cautelosos ante la respuesta a esta pregunta. En sus comentarios reflejan una especie de “anti-realismo”: las fórmulas estructurales serían meramente herramientas teóricas para resumir el comportamiento de un compuesto químico³⁶. Pero desde entonces quedó definitivamente establecido que los compuestos químicos son sistemas estructurales entre otros sistemas estructurales, dependientes entre sí y abiertos a procesos dinámicos. Estos sistemas emergen y permanecen relativamente estables debido a la formación de enlaces entre los electrones de las capas de valencia de los átomos, es decir, estas sustancias deben su suficiencia constitucional a estos enlaces, a este tipo de estructuras. Los enlaces son de diversos tipos, y determinan las notas químicas de los elementos y de las moléculas que forman las estructuras y explican las características propias de cada sustantividad.

A principios del siglo XX, Lewis³⁷ propuso la teoría de que los núcleos del átomo presentan la tendencia a rodearse de capas de electrones y a completar su capa exterior con ocho electrones, tomando como modelo de estabilidad la estructura de los gases nobles. Así quedó establecida la “regla del octeto”, que determina que los átomos tienden a enlazar sus electrones con el fin de completar la capa de valencia de los átomos involucrados en el enlace. El desarrollo de la mecánica cuántica, a partir de la segunda década del siglo XX, y su aplicación a la teoría atómica, llevó a la aparición de una nueva disciplina científica: la química cuántica. Los

³⁶ Edward N. Zalta (ed.): “Philosophy of Chemistry”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, (2019): 35.

³⁷ G. N Lewis: *The atom an the molecule*, J. Am. Chem. Soc. (1916), 38, 4, 762-785.

principios matemáticos de esta disciplina debían explicar la teoría del enlace químico de una forma más completa, evitando las numerosas limitaciones de la teoría de Lewis. Sin embargo, la propuesta adolecía, ya desde la primera concepción, de un problema difícilmente salvable, expresado por el propio Dirac: “las leyes físicas subyacentes necesarias para la teoría matemática de una gran parte de la física y la totalidad de la química son completamente conocidas y la dificultad sólo reside en que la aplicación exacta de esas leyes conduce a ecuaciones demasiado complicadas para ser resolubles”³⁸.

En química cuántica es posible proponer funciones de onda “de prueba” sobre las que se aplican los procedimientos variacionales y las aproximaciones a la ecuación de onda de Schrödinger. Las posibilidades de elección son muy numerosas y ahí radica el principal problema para la química cuántica. Una de estas propuestas fue la base para la teoría del “enlace de valencia” (EV) en la que los átomos con sus electrones localizados constituyen las moléculas, como resultado de los enlaces. La función de onda de una molécula resulta de una combinación lineal de funciones de onda atómicas de todas las funciones de onda de los átomos que la componen. Los cálculos realizados sobre la energía del sistema demostraron que la mayor parte de la energía que mantenía juntos a una molécula diatómica era de naturaleza cuántica. Sin embargo, el hecho de que los núcleos se encontraran localizados llevaba a la consideración de esta teoría como una herramienta estructural clásica, aunque utilizando el nuevo formalismo cuántico³⁹.

Otra teoría propuesta, la de ‘orbitales moleculares’ (OM), considera que la molécula está constituida por átomos deslocalizados, con sus electrones que no pueden ser ubicados alrededor de un núcleo. Los electrones se encuentran, por tanto, deslocalizados también en la molécula y la función de onda del sistema asocia a los electrones con todos los núcleos. Esta teoría que

³⁸ P. A. M. Dirac: *Quantum mechanics of many-electron systems*. Proceedings of the Royal Society of London, A, 123, , (1929): 714

³⁹ O. Lombardi y J.C., Martínez González: “Entre mecánica cuántica y estructuras químicas: ¿a qué refiere la química cuántica?”, *Scientiae Studia*, (2011): 654.

describe los sistemas moleculares es diferente a la del EV. En OM la molécula es un todo completo y no está compuesta por átomos; los electrones se encuentran deslocalizados en orbitales moleculares en la molécula entera y la función de onda no incluye los átomos independientes.

Para explicar un tipo de enlace concreto, el de la unión homopolar, unión de átomos iguales, se propuso la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo: $H\Psi = E\Psi$. Pero esta fórmula proporcionaba un mero formalismo matemático y nada práctico a la hora de abordar la estructura molecular. Además, esta función de onda no puede ser resuelta para modelos multielectrónicos en los que las soluciones sólo se alcanzan si se establecen aproximaciones y métodos variacionales. A esto podemos añadir que el hamiltoniano para un sistema molecular es también aproximado.

En la molécula diatómica aparece un desacoplamiento entre las velocidades de los núcleos y las de los electrones. La aproximación Born-Oppenheimer (ABO)⁴⁰ sienta las bases para la resolución de este sistema molecular: asigna a los núcleos posiciones fijas; determina el movimiento de los electrones en el entorno nuclear utilizando la ecuación de Schrödinger; afirma que la distribución electrónica origina un campo que actúa sobre los núcleos que se mueven debido a la energía potencial de interacción de los núcleos y el campo que generan los electrones; y también que en moléculas estables, los núcleos disponen de posiciones de equilibrio en las que las fuerzas del campo total sobre cada núcleo es cero.

Pero los núcleos no están siempre en sus posiciones de equilibrio, lo que provoca la aparición de fuerzas restauradoras, que dependen linealmente de los desplazamientos nucleares individuales. Estas fuerzas restauradoras dan lugar a vibraciones perpendiculares simultáneas que,

⁴⁰ M. Born y R. Oppenheimer: "Zur Quantentheorie der Molekeln", *Annalen der Physik*, vierte folge. Band 84. (1927).

en mecánica cuántica, han de ser resueltas considerándolas por separado. Se acepta, sin embargo, que a pequeñas amplitudes las vibraciones nucleares son similares a las vibraciones clásicas en las posiciones de equilibrio. Como consecuencia, se propone una aproximación adicional, la aproximación *adiabática*, que se distingue de la ABO en función de los términos de las ecuaciones que se desprecian por irrelevantes. Ahora bien, estos términos que se desprecian pasan a ser relevantes en caso de cruce entre estados o una cuasidegeneración de estados electrónicos. Una aproximación adicional, la *diabática*, pretende corregir este conflicto⁴¹. En cualquier caso, la consideración de que la nube electrónica se adapta instantáneamente a la posición de los núcleos que permanecen fijos es imprescindible para poder abordar una química de los estados nuclear y sólido desde el punto de vista mecano-cuántico. En la actualidad, las dos teorías constituyen el núcleo de la química cuántica, no prevaleciendo una sobre otra.

Como se ve, al profundizar en los fundamentos de estas sustantividades nos vemos obligados a abandonar las herramientas clásicas fisicomatemáticas que permiten explicar su composición y comportamiento. De esta forma se establece una frontera no bien delimitada entre lo que denominamos química estructural frente a la química cuántica. En los párrafos anteriores hemos comprobado, superficialmente, que la descripción de átomos, moléculas y enlaces electrónicos no resulta totalmente satisfactoria aplicando conceptos cuánticos exclusivamente. Esta delimitación entre las dos aproximaciones nos conduce a considerar la realidad de las cosas materiales bajo ontologías diferentes, pero, con cierta indiferencia de los “*objetos*” en cada caso, una consideración reológica de la realidad de las cosas materiales nos lleva a aplicar *herramientas* fisicomatemáticas específicas en la medida en que profundizamos en la realidad de las cosas químicas. A mayor profundidad, más y mejores herramientas se irán requiriendo, dice la reología. No es lo mismo tener una fijación por esclarecer objetos en distintos niveles, que usar herramientas en función de la profundidad de las estructuras estudiadas. Las herramientas, por

⁴¹ A. Requena y F. Romero: “La aproximación de Born Oppenheimer”, *Anales de la Universidad de Murcia, Ciencias*, Vol. XLIII, Núm. 1-4, (1985): 52.

su parte, no son sólo instrumentos, sino vías de acceso (métodos) a la realidad profunda y, por tanto, también acusan realidad. Lo importante es *dar razón*, no sólo constatar.

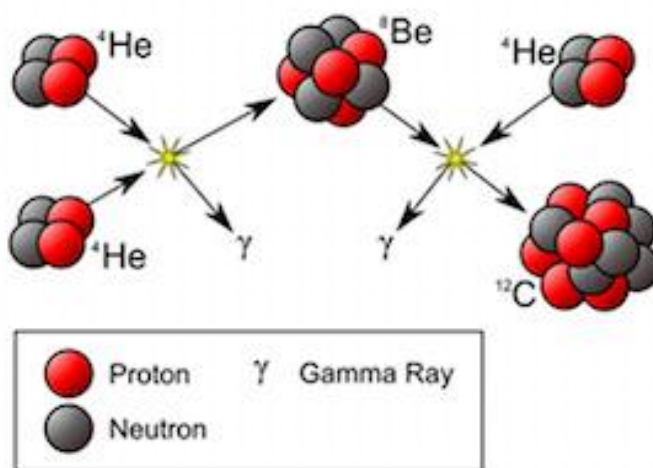
Habría que decir que, en rigor, la realidad material no es newtoniana, ni termodinámica, ni relativista, ni cuántica. Lo que de hecho hacemos en las ciencias, como en el desarrollo histórico del momento de la química que acabamos de esbozar, es profundizar en la realidad aplicando herramientas clásicas de la física y de la química, pero también relativistas, cuánticas, etc. con el fin de explicar y comprender los fundamentos de las cosas reales materiales cada vez con mayor riqueza. Es decir, aquello de que tratan las ciencias, en rigor, no es de objetos (clásicos, cuánticos, etc.), sino de estructuras, y en virtud de ello podemos trabajar con herramientas (regularmente matemáticas) más o menos isomorfas a esas estructuras reales. Es en virtud de esto que, en el límite de este proceso de profundización en la realidad material, sólo es posible acceder, mediante modelos teórico-matemáticos que han de ser posteriormente verificados, a sustantivades tan raras como complejas: partículas con masa, con carga, sin masa, sin carga, con distinto comportamiento magnético, etc. En definitiva, la reología elimina la pretendida e ingenua intención de reducir la realidad cosmológica a la materia observable, ésta a la química cuántica, éstas a la mecánica cuántica y todas ellas al lenguaje computacional del código máquina, porque lo que reconoce es que lo que hay son estructuras, que los objetos son dispositivos pragmáticos, que no hay cabida para las sustancias (perenes y acabadas de una vez por todas), y que como resultado de los dinamismos de esas estructuras se van formando y trans-formando unas substantividades en otras (transustantivación) que, en rigor, no son por eso objetos sino siempre y sólo sistemas estructurales con relativa estabilidad, con relativa suficiencia constitucional.

Pues bien, recorrido lo anterior, como decíamos antes, además del dinamismo de la variación está también el dinamismo de la transformación, particularmente interesante para el reólogo químicamente influenciado. Y como decíamos, éste es instanciado arquetípicamente en

las reacciones químicas. Las reacciones químicas son la consecuencia de una característica de las realidades materiales que denominamos reactividad química. En una reacción química tiene lugar la formación, la ruptura o la aparición de nuevos enlaces electrónicos. Estas transformaciones obedecen a determinadas leyes cinéticas y cambios estequiométricos en los reactivos y productos. Dependen también de las condiciones experimentales y a partir de todas estas observaciones se establecen los distintos mecanismos de la reacción.

Nos interesamos ahora por los compuestos de carbono que son la base de las estructuras vivientes y nos preguntamos cómo se ha podido originar el átomo de carbono en las primeras fases de evolución de nuestro universo a partir, justamente, de reacciones. El carbono es el elemento clave para explicar la aparición de la materia orgánica en nuestro universo; sin él no es posible la aparición de la vida, tan real como como es evidente en los sistemas vivos. El elemento “carbono” tiene una estructura química formada por seis protones, seis neutrones y seis electrones. Los llamados elementos primordiales, los que se formaron en primer lugar en las estrellas, fueron el hidrógeno, el deuterio, el helio, el ⁷berilio y el ⁷litio. El ⁷berilio es inestable y con un protón, H⁺, forma el ⁸berilio. Éste último es también inestable y se desintegra espontáneamente en dos helios. Pero, aunque en muy baja concentración y corta vida, en las estrellas habría gran cantidad de este elemento y un isótopo de ⁸berilio podría recibir una partícula alfa, formada por dos protones y dos neutrones, que teóricamente lo desintegraría irremediamente. Sin embargo, no tuvo lugar la desintegración de este berilio-8 sino que aceptó una partícula alfa para formar el núcleo de carbono, representando un ejemplo singular de predicción de un comportamiento no esperado que fue demostrado después experimentalmente. Lo esperado era que las dos partículas alfa que forman el ⁸berilio, muy inestable, no permitieran la unión con una tercera partícula alfa, por lo que el carbono nunca podría haberse formado en las estrellas. La explicación de que sí se formara tiene que ver con la resonancia de las estructuras de los niveles cuánticos de energía de los estados energéticos del ⁸berilio y de un estado excitado

del átomo de carbono⁴². Estas resonancias de los estados permitieron la unión de las tres partículas en el estado excitado del átomo de carbono⁴³. Éste decaía instantáneamente a su estado fundamental, muy estable, permitiendo que continuara la formación de carbono en su estado excitado, al convertir la reacción en irreversible. Se alcanzó una configuración estructural de alta probabilidad de existencia real que llevó necesariamente a la aparición de la base química de la vida. La vida, pues, es un resultado del dinamismo de la transformación⁴⁴; las sustantividades vivas son reales en virtud de la transustantivación del carbono, y el carbono se transforma por ser estructura dinámica. Como empezamos a ver, realidad dinámica y realidad *simpliciter* son lo mismo.



Ocupémonos ahora del carbono como base de estructuras inorgánicas entendido ya como un sistema estructural y profundicemos en las notas que le son de suyo. El carbono es conocido principalmente en sus formas alotrópicas clásicas, grafito y diamante. El grafito es más estable pero menos denso que el diamante. Teóricamente, estas dos formas alotrópicas estarían en

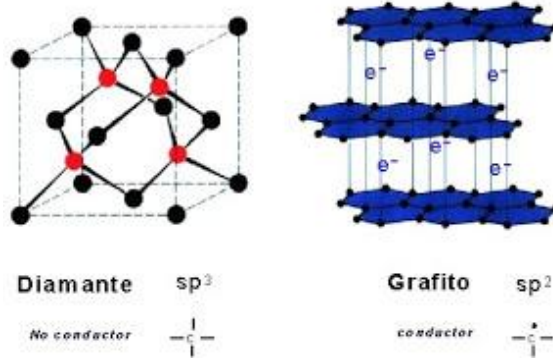
⁴² Cf. Erwin Schrödinger: *¿Qué es la vida?* (Buenos Aires: Espasa-Calpe; 1947 (1944)): 75.

⁴³ Cf. Iya Prigogine: “¿Qué es lo que no sabemos?”, *A Parte Rei, Revista de Filosofía*, 10. (1995): 2. Se trata de una charla impartida en el Forum Filosófico de la UNESCO, 1995, traducida por Rosa María Cascón. Según Prigogine el fenómeno de las resonancias fue descubierto por Poincaré y es fundamental para explicar la irreversibilidad: “En las mecánicas clásica y cuántica, las resonancias hacen posible el acoplamiento entre fenómenos dinámicos”.

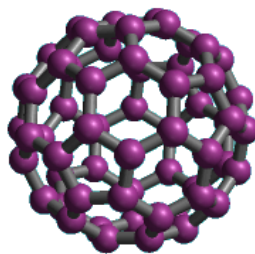
⁴⁴ Cf. en este mismo volumen César Rodríguez: “El dinamismo de la realidad viviente”. *Lógoi. Revista de Filosofía*. Caracas. UCAB. N. 42. Julio-diciembre (2022): 249-281

equilibrio a 300 °K y 15.000 atmósferas, equilibrio que se alcanzaría de forma extremadamente lenta. El diamante dispone de una estructura cristalina, una especie de macromolécula, formada por átomos de carbono que se encuentran rodeados de otros cuatro átomos de carbono, formando una figura tetraédrica básica rodeada por otros cuatro tetraedros de carbonos. Debido a los fuertes enlaces covalentes en esta estructura, quedan determinadas las notas del diamante: puntos de fusión y ebullición extraordinariamente altos, elevada dureza, transparencia, brillo, no es conductor de la corriente eléctrica, etc. Por su parte, el grafito dispone de una estructura laminar en la que cada átomo de carbono se rodea de otros tres átomos de carbono. Los enlaces entre las distintas láminas son relativamente débiles, por lo que es fácilmente exfoliable. Entre estas capas se encuentran electrones libres, a diferencia de la estructura del diamante. Estos electrones libres son los que explican la conductividad del grafito, cosa que no ocurre en el diamante.

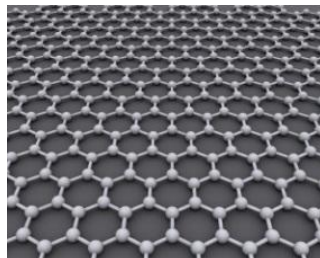
Notas como la dureza, la exfoliabilidad, la conductividad eléctrica, la conductividad térmica, se explican por el tipo de enlaces híbridos que se forman en las uniones entre átomos de carbono. Estos orbitales se forman hibridando los orbitales de la capa de valencia, pudiendo formarse estructuras de varios tipos. En el caso del diamante se forman 4 orbitales híbridos del tipo sp^3 , dando lugar a 4 enlaces σ de igual energía que determinan su estructura cristalina y sus notas. En el grafito los orbitales se hibridan en una configuración sp^2 , formando tres enlaces σ extremadamente fuertes, originando estructuras laminares, y uno π de naturaleza débil que explica la fácil exfoliación de las capas del grafito.



En la actualidad conocemos otras formas alotrópicas del carbono que son el resultado de los avances científico-tecnológicos, el fullereno y el grafeno, entre otras. Estas formas alotrópicas son el resultado de las distintas uniones que son posibles entre los átomos de carbono y resultan en estructuras cristalinas que disponen de diferentes notas observables. Estas notas se fundamentan en la disposición de las estructuras de las distintas formas alotrópicas.



Fulereno



Estructura del grafeno

La rotura de los enlaces que mantienen unidas las láminas del grafito permite la emergencia de nuevas formas estructurales, sistemas que disponen de unas notas diferentes a las

del grafito de partida; son cosas reales diferentes. Las tecnologías actualmente disponibles hacen posible la separación de láminas de una sola capa de átomos de carbono, una nueva *cosa real* que denominamos grafeno; es un nuevo sistema, aunque similar, *otro* que el carbono *simpliciter* en virtud de una estructura. En efecto, las notas emergentes de este nuevo sistema son otras que las del carbono por una mera variación en su estructura, a pesar de que “básicamente siga siendo” carbono⁴⁵. La estructura hace emerger notas sistemáticas distintas, a la postre, sistemas nuevos.

Los enlaces entre átomos de carbono son capaces de producir vibraciones resonantes que es posible medir con gran precisión. Estos modos de vibración cuantizada se denominan *fonones* y se presentan en redes cristalinas, como en la red de los átomos de la lámina de grafeno. Se trata de un tipo especial de movimiento vibratorio, el conocido como modo normal en mecánica clásica, y que en el caso de los fonones se trata de la versión mecano-cuántica. En mecánica clásica, la vibración en los enlaces de la red cristalina de átomos de carbono se considera como una superposición de modos normales con diferentes frecuencias, por lo que son considerados ondulatoriamente. En mecánica cuántica estos modos normales adquieren notas de partículas, de bosones de espín cero. En la física del estado sólido los fonones son responsables de los sonidos y la conducción del calor de las redes cristalinas, notas que dependen de la longitud de onda resultante en la superposición.

El grafeno, como cosa real, es dinámico en la medida en que es capaz de establecer relaciones funcionales con otras cosas reales, transformando y reactualizando la realidad; a esto, en reología, llamamos respectividad. Por estar en respectividad, *las cosas reales actúan sobre sí o las demás en virtud de las notas que poseen de suyo*. Esto ocurre porque las cosas reales, *qua* reales, son dinámicas, *de suyo dan de sí*. Un ejemplo de esta relación funcional del grafeno con otras cosas reales es el resultado de un proyecto de investigación muy reciente en la Universidad

⁴⁵ Cf. Carlos Sierra-Lechuga y Gerardo Trujillo: “Un asunto pendiente: las notas sistemáticas de la sustantividad”, *Post-filosofía* (en prensa).

de Illinois⁴⁶. Anticuerpos específicos se incrustan en una red de grafeno y son capaces de reaccionar con antígenos, como el virus SARS-CoV-2. Una muestra de fluido fisiológico, como la saliva, se introduce en un medio líquido en el que se encuentra la lámina de grafeno con los anticuerpos. Tiene lugar una vibración en la lámina que puede ser medida con gran precisión, determinando instantáneamente si la muestra contiene el antígeno o no. La emergencia de esta nueva cosa real, la propia estructura del instrumento, genera un nuevo factor de realidad que tiene consecuencias reales sobre otros asuntos de nuestro interés. He aquí lo que antes dijimos sobre la injerencia con-estructural, extra-estructural y trans-estructural de los sistemas. Saber si una persona es portadora del virus, de manera fiable y en un corto lapso de tiempo, permite cambiar la realidad que supone la incidencia de la enfermedad en la población⁴⁷. Como se ve, las cosas reales son dinámicas; realidad y dinamismo son dos formas de decir lo mismo: se trata de “un de suyo que consiste en dar de sí”⁴⁸.

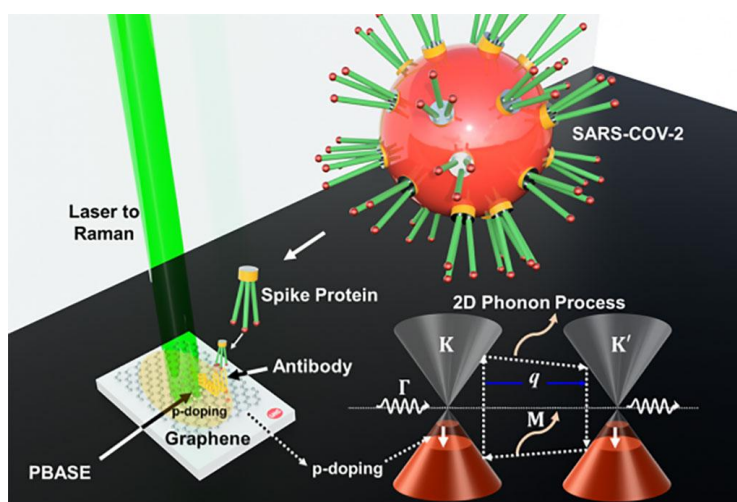


Ilustración del proceso desarrollado en la Universidad de Illinois para la detección de la proteína spike de la COVID-19 con grafeno (Fotografía del artículo origina, cortesía de Vikas Berry)

⁴⁶ Cf. Ngoc Hoang Lan Nguyen, Sungjoon Kim, Garrett Lindemann y Vikas Berry: “COVID-19 Spike Protein Induced Phononic Modification in Antibody-Coupled Graphene for Viral Detection Application”, *ACS Nano*, 15(7), (2021): 11743–11752.

⁴⁷ Cf. César Rodríguez: “De las causas de la salud y la enfermedad”, *Notas de realidad*, Filosofía Fundamental, (2021).

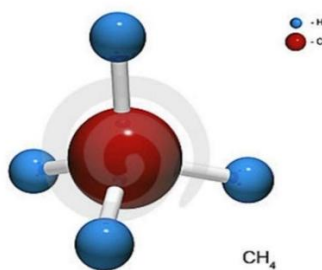
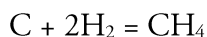
⁴⁸ Xavier Zubiri: *Estructura dinámica de la realidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1989): 204.

Con lo dicho puede afirmarse sin temor que los asuntos de la química difícilmente apoyan tesis metafísicas substancialistas. En rigor, sus asuntos son sistemas, sustantividades químicas, emergidos de relaciones funcionales y de una realidad dinámica. Si en su actividad práctica el químico no distingue entre los dichos “sustancia química” y “estructura química”, porque no es labor suya esta distinción, lo mejor sería sugerirle usar de cotidiano lo segundo.

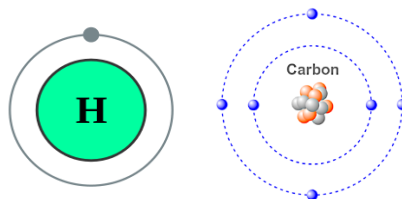
Pensemos ahora al átomo de carbono como base de estructuras orgánicas⁴⁹. Supongamos que nos encontramos por vez primera en una cueva profunda y se produce una explosión justo en el momento de encender una cerilla; de sobrevivir al evento, querríamos conocer las causas que lo ha provocado, las razones que nos permitirían explicar, comprender y llegar a conocer el fundamento de lo ocurrido, i.e. profundizar en lo que esa *res* acusa. Utilizando la razón sentiente y las herramientas que nos procura, podríamos llegar a identificar una sustancia gaseosa y comprobar que se trata de un gas con unas notas determinadas: inflamable, incoloro, que emerge en un determinado ambiente y que es relativamente estable. Inicialmente le llamamos “gas grisú” y el conocimiento que tenemos sobre él nos permitirá tomar precauciones para evitar accidentes, en cuevas y minas, por ejemplo. Desde el punto de vista de la filosofía fundamental afirmaríamos que este gas es un sistema de notas que posee suficiencia constitucional, que es una sustantividad y que, por tanto, esas notas suyas, aunque las tiene de suyo, las ha alcanzado y las procura en virtud del campo físico de respectividad, de redes o tejidos estructurales, en los que está dinámicamente incrustado. Justamente en virtud de estos condicionamientos que circunscriben y determinan al gas, de estas αἰτίαι, es que nos preguntamos sobre las razones que explican que *ese tal* gas esté presente en esas *tales* condiciones y cuál sea *su* estructura fundamental. Nos preguntamos por “el culpable” (αἴτιος) de que esta *res* sea la que es.

⁴⁹ La expresión ‘orgánica’ se refiere a la creencia ya superada de que los compuestos de carbono eran producidos exclusivamente por las estructuras vivientes.

En nuestros días disponemos de métodos y herramientas para determinar la composición estructural del gas metano y comprobamos que está constituido por un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno, formando lo que llamamos una molécula. Los átomos de carbono y de hidrógeno son conocidos y sabemos que forman sistemas estructurales determinados. El carbono presenta muy baja reactividad a temperatura ambiente, pero a elevadas temperaturas es altamente reactivo, se combina con el hidrógeno para formar metano y también con la mayoría de los metales y con el oxígeno. El átomo de carbono dispone de una afinidad electrónica elevada, 153,9 kJ/mol y una electronegatividad, en la escala de Pauling, de 2,55 frente a la del hidrógeno, 2,20. Esta diferencia pequeña en la electronegatividad es lo que explica la formación de enlaces covalentes apolares entre estos elementos.



Estructura del metano



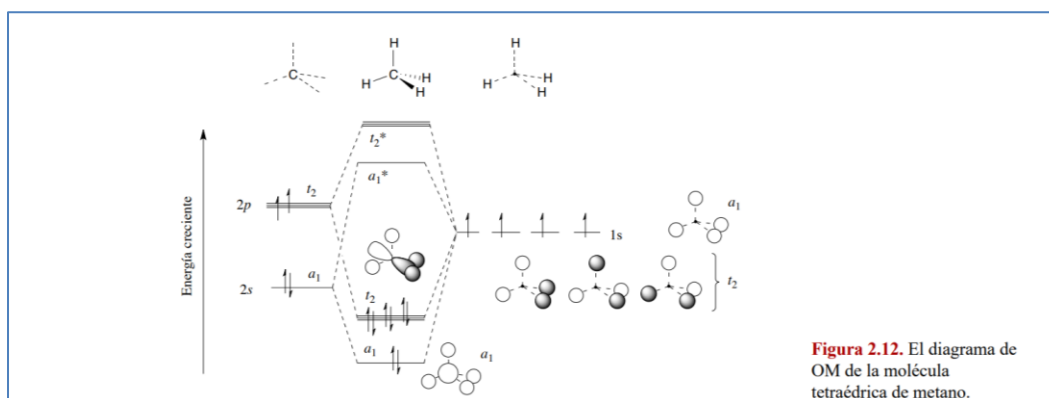


Figura 2.12. El diagrama de OM de la molécula tetraédrica de metano.

Empleamos modelos gráficos para tratar de explicar la configuración de los elementos y moléculas constituyentes del metano. En la representación del átomo de carbono utilizamos formalmente la expresión $[\text{He}] 2s^2 2p^2$; y para el caso del hidrógeno $1s^1$. En las figuras anteriores observamos la representación gráfica de la configuración de estas estructuras. La tercera figura representa la formación de orbitales moleculares híbridos, en los que los electrones de las capas de valencia de ambos elementos están compartidos y no pueden ser atribuidos ya a sólo uno de ellos. En la actualización de un elemento respecto de otro, ha habido una transustantivación.

El átomo de carbono reacciona también con otros átomos de carbono, con el oxígeno y con el nitrógeno. Con menor frecuencia reacciona con halógenos, el azufre, el fósforo, el silicio y el boro. En ocasiones reacciona también con algunos metales. Con este conjunto limitado de elementos se forman millones de compuestos orgánicos y la ciencia y la tecnología permiten la síntesis de nuevos compuestos de manera continuada. La razón es que el carbono da lugar a estructuras de características muy especiales basadas en su electronegatividad, su tetravalencia y su pequeño radio atómico; estas características permiten la formación de enlaces entre átomos de carbono de muy alta energía.

Una característica muy importante de las estructuras orgánicas es la isomería que consiste en que una misma fórmula molecular ofrece notas (sistemáticas) distintas, según se presente en

diferentes fórmulas estructurales. Nuevamente, es el poder de la estructura como *determinación dinámica y funcional* de unos sistemas u otros. Esta isomería puede ser plana afectando a una molécula, una cadena o una posición; también puede ser espacial, del tipo cis-trans o del tipo óptico o quiral. Tomemos el ejemplo de dos isómeros funcionales, la propanona y el propanal; ambos presentan la misma fórmula molecular pero distintas estructuras, cuyos procesos de formación o emergencia y los de reactividad son diferentes, permitiendo la emergencia de nuevos y diferentes compuestos químicos orgánicos, de nuevas sustantividades básicas para el desarrollo y evolución de la diversidad de la química del carbono. Reológicamente puede entenderse esto diciendo que con las mismas notas constitucionales pueden emerger notas sistemáticas distintas, según cómo se *estructuren*: la *estructura es crucial*. En efecto, los *isó-meros* (vale la pena escribir con el guión) son tales por tener las “mismas partes”, pero éstas están estructuradas o configuradas de diferente modo. Variando la estructura, *no las partes o elementos*, obtenemos una configuración funcional sistemática distinta. Si bien un reólogo responsable no diría, como otros, que “estructura es todo lo que hay”⁵⁰, sí sostendría, y lo probaría, que *todo lo que hay es por estructuras*.

Conclusión

Lo que hemos expuesto en este texto tenía por fin hacer explícito que el asunto de las realidades materiales es un asunto en el que ha de profundizarse por vía tanto científica como filosófica. Por la primera, está claro que la química es una buena vía de acceso. Aquí hemos justificado que, en lo concerniente a la filosofía, el método no puede ser la ontología, sino lo que ya se está llamando reología.

Por tanto, puede concluirse que la química no es una disciplina científica que apoye

⁵⁰ James Ladyman et. al.: *Every thing must go: metaphysics naturalized*, (Oxford: Oxford University Press; 2007): 130.

alguna visión metafísica substancialista, ya que desde inicios del siglo XIX estableció que las cosas materiales son sistemas estructurales en continuo dinamismo. Se ha visto, con ayuda de la química (y otras) que realidad dinámica y realidad *simpliciter* son lo mismo. Ocurre que, como dijimos, el desarrollo de la mecánica cuántica ha tenido lugar en un contexto probabilístico y repleto de incertidumbres. Los conceptos clásicos de identidad y discernibilidad no tienen cabida en este contexto si no es por vericuetos conceptistas⁵¹, y la química cuántica no puede ser algo diferente. A pesar de esto, hemos visto cómo las instituciones químicas siguen utilizando estos conceptos en el ámbito de la química molecular. Concretamente, señalábamos cómo la ECHA afirma que “la identificación de la sustancia es un proceso por el que se establece la identidad de aquella”. Esta proposición, además de lógicamente circular, no es aceptable en el campo de la metafísica reológica, aunque sí conserva su sentido en el campo ontológico de la química molecular, pero no en el campo de la química cuántica.

Decíamos, junto con esto, que si bien la química no hace ontología, es verdad que se mueve en plurales campos ontológicos, en la medida en que considera que hay unos “objetos” irreductibles a otros, esto es, en la medida en que hay clases conceptuales (o lógicas) que no comparten las mismas “propiedades”. Sin embargo, con lo útil que pueda ser esto, por ejemplo para evitar reduccionismos, no pasaba de ser una taxonomía con poco calado filosófico. Para entrar a fondo y ver que más que en objetos delimitados conceptualmente, el químico se interesa por la realidad real de las *res* materiales, por su constitución estructural, por los subsistemas constitucionales de notas, por sus dinamos propios, por el modo como de suyo dan de sí, etc., era menester usar la reología. En este sentido, hemos aclarado que “sustancia” en química no es la acepción que se ajusta a la de sustancia metafísica. Así, aunque la química tampoco hace reología (naturalmente, lo que hace la química es química), sin embargo, entendemos que lleva a cabo una tarea interna al propio método reológico: *que el químico haga química es imprescindible para que el reólogo haga reología*. Químicos y reólogos están no al servicio uno

⁵¹ Como referimos antes cf. Cf. Simon Saunders: “Are quantum particles objects”, *Analysis*, 66 (2006): 52-63.

del otro, sino ambos al servicio de la investigación; una investigación que, en cuanto tal, no es una manipulación subjetiva de conceptos y por tanto es siempre y sólo *investigación de realidad*.

Esta tarea se emprende ora científicamente, ora filosóficamente en mutua colaboración. Así, si por este método de trabajar hombro con hombro de la reología con las ciencias, aquella resulta ser una metafísica *físicamente responsable*, es posible que la química (y otras), por trabajar al lado de la reología, devengan a su modo físicas *metafísicamente responsables*.

Fuentes Bibliográficas

Abellán, Pedro. “De la razón pura y un nuevo realismo”, *Notas de realidad*, Filosofía Fundamental, (2021).

Bertalanffy, Ludwig von. *Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollos, aplicaciones*, (México: Fondo de cultura económica; 1989).

Born, M. y Oppenheimer, R.. “Zur Quantentheorie der Molekeln”, *Annalen der Physik*, vierte folge. Band 84. (1927).

Bunge, Mario. *Ontología II: Un mundo de sistemas*, (Barcelona: Gedisa; 2012).

Clavero, Ignacio. “De la realidad de los colores”, *Notas de realidad*, Filosofía Fundamental, (2021).

Dirac, P. A. M.. “Quantum mechanics of many-electron systems”, *Proceedings of the Royal Society of London*, A, 123, (1929): 714

Fernández Liria, Pedro. *¿Qué es Filosofía?*, (Madrid: Ediciones AKAL; 2010).

Heil, John. *From an Ontological Point of View*, (Oxford: Oxford University Press; 2003).

Ladyman, James. et. al.. *Every thing must go: metaphysics naturalized*, (Oxford: Oxford University Press; 2007).

Lan Nguyen, Ngoc Hoang; Kim, Sungjoon; Lindemann, Garrett y Berry, Vikas: “COVID-19 Spike Protein Induced Phononic Modification in Antibody-Coupled Graphene for Viral Detection Application”, *ACS Nano*, 15(7), (2021): 11743–11752.

Lewis, G. N.. *The atom an the molecule*, J. Am. Chem. Soc. (1916), 38, 4, 762-785.

- Lombardi, Olimpia y J.C., González, Martínez. “Entre mecánica cuántica y estructuras químicas: ¿a qué refiere la química cuántica?”, *Scientiae Studia*, (2011): 654.
- Lombardi, Olimpia. “¿Acerca de qué nos habla la química? Nuevos argumentos en favor de la autonomía ontológica del mundo química”, *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 13.26, (2013): 129.
- Margalef, Ramón. “On certain unifying principles in ecology” p. 357, *The American Naturalist*, v. 97, No. 897, Chicago, The University of Chicago Press, Nov.-Dic., (1963).
- Prigogine, Iya. “¿Qué es lo que no sabemos?”, *A Parte Rei, Revista de Filosofía*, 10, (1995): 2.
- Psillos, Stasis. “The Structure, the Whole Structure, and Nothing but the Structure?” *Philosophy of Science*, 73, (Chicago: The University Chicago Press; 2006).
- Quine, Willard: *Ontological Relativity and Other Essays*, (New York: Columbia University Press; 1969).
- Requena A. y Romero F.. “La aproximación de Born Oppenheimer”, *Anales de la Universidad de Murcia, Ciencias*, Vol. XLIII, Núm. 1-4, (1985): 52.
- Rodríguez, César. “De las causas de la salud y la enfermedad”, *Notas de realidad, Filosofía Fundamental*, (2021).
- Rodríguez, César. “El dinamismo de la realidad viviente”. *Lógoi. Revista de Filosofía*. Caracas. UCAB. N. 42. Julio-diciembre (2022): 248-281.
- Saunders, Simon. “Are quantum particles objects?”, *Analysis*, 66 (2006): 52-63.
- Schrödinger, Erwin. *¿Qué es la vida?*, (Buenos Aires: Espasa-Calpe; 1947).
- Sierra-Lechuga, Carlos y Trujillo, Gerardo. “Un asunto pendiente: las notas sistemáticas de la sustantividad”, *Post-filosofía* (en prensa).
- Sierra-Lechuga, Carlos. “De res y de reus, o de la incompletitud de la mera noología”, *El valor de lo real*, Lida Mollo, Sierra-Lechuga, et al. (eds.), (Madrid: Ediciones Fundación Xavier Zubiri; 2021): 233-262.
- Sierra-Lechuga, Carlos. “Estructura y realidad, una investigación de reología”. *Lógoi. Revista de Filosofía*. Caracas. UCAB. N. 42. julio-diciembre (2022): 80-126
- Sierra-Lechuga, Carlos. “Metafísicas del proceso, ¿precursoras de la reología? El caso de Whitehead, Bohm y Rescher”, *Evoluciones Metafísicas. Permanencia, Emergencia y Diálogo*, Llanes (coord.), (Caracas: Rivero Blanco Editores; 2020): 161-217.
- Sierra-Lechuga, Carlos. “Ontología y ciencia: de la sustancia aristotélica a la sustantividad

zubiriana”, *The Xavier Zubiri Review*, Vol.13, (2013-2015): 5-22.

Sierra-Lechuga, Carlos. “Ratio formalis, una herramienta clásica para la metafísica contemporánea”, *Open Insight*, (en prensa).

Sierra-Lechuga, Carlos. “Reología, ¿En qué está la novedad?”, *Devenires*, xxi, 42, (2020): 193-211.

Sierra-Lechuga, Carlos. *El problema de los sistemas desde la reología de Xavier Zubiri: para una metafísica contemporánea de la sustantividad*, (Viña del Mar: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2019).

Zalta, Edward N. (ed.). “Philosophy of Chemistry”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, (2019): 35.

Zubiri, Xavier. *El hombre y Dios*, (Madrid: Alianza Editorial; 2012).

Zubiri, Xavier. *Espacio, tiempo, materia*, (Madrid: Alianza Editorial; 2008).

Zubiri, Xavier. *Estructura dinámica de la realidad*, (Madrid: Alianza Editorial; 1989): 129-133.

Zubiri, Xavier. *Sobre la esencia*, (Madrid: Alianza Editorial; 2008).