



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**"UN ENFOQUE PRAGMATISTA HACIA NUEVAS
ONTOLOGÍAS DINÁMICAS EN QUÍMICA"**

TESIS

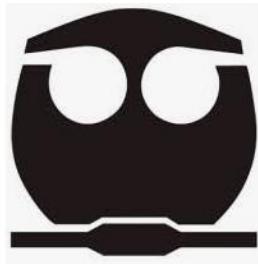
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA

PRESENTA

GUADALUPE SELENE VÁSQUEZ FABELA

ASESOR: M. EN C. LUIS AVELINO SÁNCHEZ GRAILLET



Ciudad Universitaria, CD. MX.

2022



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Tabla de contenidos

1. Introducción	5
2. Marco Teórico	8
2.1 La filosofía de la química	8
2.1.2 Ciencia	10
2.2 La física y la química como ciencias que pueden ser abordadas por marcos ontológicos esencialmente distintos	14
2.2.1 El dinamismo de la identidad química	15
2.2.2 Diferencias ontológicas entre la física y la química: ontologías de relaciones interiores y exteriores.....	16
2.2.3 El corpuscularismo, un ejemplo de ontología de relaciones exteriores	17
2.2.4 Ontologías de relaciones interiores	18
2.2.5 La precipitación de las especies químicas: un caso de estudio	19
2.2.6 Conclusión: hacia ontologías relacionales	19
2.3 Estructura relacional de la química: la red de Schummer	20
2.3.1 Propiedades e identidad química	21
2.3.2 La necesidad de sustancias puras.....	24
2.4 Nuevas herramientas para la filosofía de la química	26
2.4.1 Propiedades de Gibson.....	27
2.4.2 Proposiciones de bisagra (<i>hinge propositions</i>)	30
2.4.3 Falacias mereológicas.....	32
2.5 Emergencia	36
2.6 Tiempo.....	40
2.6.1 El tiempo newtoniano en la química	40
2.6.2 El tiempo como criterio de existencia en la identidad química: una oportunidad para el pluralismo ontológico.....	42
2.6.3 Para reflexionar: el tiempo en la filosofía de la física contemporánea.....	43
3. Discusión	44
3.1 La identidad de las sustancias químicas definida como concepto en función de sus propiedades de Gibson	44
3.1.1 Posibles falacias mereológicas	45
3.2 La dimensión temporal de las propiedades emergentes	47



3.2.1 Falacias mereológicas como función del tiempo	50
3.2.3 Implicaciones de las falacias mereológicas temporales en la química.....	56
3.2.4 Dar oportunidad a la novedad en la química: corpuscularismo vs ontología de relaciones interiores	60
4. Conclusiones	63
5. Referencias y bibliografía.....	65



«Except for the point, the still point,

There would be no dance

And there's only dance»

T. S. Eliot



1. Introducción

Actualmente en la química y la ciencia en general predomina una visión reduccionista que ha sido consecuencia del éxito de la mecánica cuántica durante el siglo XX. En la filosofía de la ciencia predomina un enfoque realista, asumiéndose que la ciencia es una actividad con que se accede a una única realidad. Esto quiere decir que se concibe a la realidad como una sola, que la física describe la realidad de una forma más fundamental que las otras ciencias y que, por lo tanto, las otras ciencias están sometidas a la física en el sentido de que lo que ocurre es simplemente física, mientras que las teorías y los conceptos que se generan en las otras ciencias se consideran herramientas teóricas útiles para abordar la imposibilidad tecnológica de tratarlo todo como sistemas físicos. ¿Es esto verdad? ¿Cómo puede concebirse que no sea así? A principios de este siglo ha surgido un movimiento dentro de la filosofía de la química que ha ido fundamentando a la química dentro de un enfoque pragmatista que permite concepciones alternativas de la realidad a través del pluralismo ontológico. Se argumenta que la realidad tal cual es inaccesible y que solamente percibimos lo que nos es perceptible, valga la redundancia. Esto no es para nada trivial y el objetivo de este trabajo es comenzar a explorar las implicaciones de adoptar tales enfoques en la química.

Desde mucho antes del siglo XX en la química se han desarrollado teorías para describir fenómenos químicos. Las observaciones en que se basan estas teorías suelen provenir de fenómenos muy exclusivos de la química, como la síntesis o cualquier reacción química en general, y aunque la mecánica cuántica ha representado un avance en cierto sentido, las teorías químicas en donde surgen conceptos como “orbital” siguen vigentes en la práctica, a pesar de que bajo el lente reduccionista se considere que no existen.



En este siglo, además, el filósofo de la química Rom Harré ha señalado las oportunidades que ofrecen tres nuevas herramientas en la filosofía de la química: las falacias mereológicas, las proposiciones de bisagra y las propiedades de Gibson. Estos tres conceptos se definirán más adelante, pero por ahora es importante señalar que son conceptos que tienen sentido en las relaciones o interacciones de las sustancias. La identidad química, de hecho, es un concepto que también es precedido por las interacciones o, dicho en otras palabras, una sustancia es lo que es por la forma en que se comporta. Esto tampoco es trivial y, de hecho, es uno de los principales fundamentos de este trabajo dado que nos permite comenzar a explorar ontologías en las que las relaciones definen al objeto, en contraste con las ontologías corpusculistas en las que las relaciones en que los objetos se ven involucrados están predefinidas por su estructura intrínseca. Esto último constituye el paradigma actual en la ciencia que comienza a cuestionarse incluso en la física misma.

Uno de los conceptos de la física que se adoptan en la práctica química es el del tiempo. El enfoque predominante ha sido un tiempo newtoniano en el que el tiempo y el espacio son marcos invisibles donde los objetos existen y los fenómenos ocurren. Esto entra en conflicto con la identidad (y reactividad) química, que se ve precedida por interacciones y depende de ellas para emerger. La identidad química depende total o parcialmente de propiedades emergentes, las cuales son propiedades que un conjunto exhibe, pero que ninguna de sus partes exhibe por separado y que dependen de las interacciones de estas partes entre sí. Si además las interacciones ocurren a través del tiempo, se necesita un tiempo mínimo para que las sustancias emergan como tales. Esto significa que el concepto estático de la materia ("la materia es lo que es en todo momento del tiempo") puede ser explorado y redefinido hacia un concepto más dinámico, donde la identidad química como propiedad emergente es función del tiempo. Una consecuencia de esta reflexión es que la química adopte ontologías dinámicas en el sentido de que pueden variar en función del tiempo, lo que nos



permite conceptualizar una química que esté más lista para acoger fenómenos novedosos o inesperados, sobre todo en arreglos experimentales que impliquen intervalos de tiempo demasiado cortos o largos.

Como químicos necesitamos filosofía de la química. Las nuevas herramientas tecnológicas nos permiten alcanzar más, pero cuestionar y fundamentar la práctica química a través de nuestra propia filosofía nos permite que el uso de estas nuevas tecnologías tenga sentido en un mundo en el que predomina una concepción reduccionista de la realidad. En el título he incluido “hacia” con la intención de señalar que mi trabajo, al igual que el de otros filósofos de la química, permitirá sustentar futuras investigaciones donde se comiencen a explorar las implicaciones de adoptar marcos ontológicos dinámicos o variables en función del tiempo.



2. Marco Teórico

2.1 La filosofía de la química

"She's a rum 'un is Natur'," said Mr Squeers ... "Natur' is more easier conceived than described"

- Charles Dickens

Este trabajo de investigación se clasifica dentro de la filosofía de la química, lo que para algunos autores es un proyecto que tiene como propósito aclarar y analizar los fundamentos en que se apoya la química para construir, validar y dar coherencia a los conceptos y las prácticas con que se genera el conocimiento. (Harré, 2014, pág. 77)

La filosofía de la química es un emprendimiento relativamente reciente (Scerri E. M., 2015, pág. 1) y es interesante notar que los filósofos de la química forman el grupo más pequeño entre los filósofos de la ciencia mientras que los químicos forman el grupo más grande entre los científicos (Schummer, 1998, pág. 129). El supuesto de que la química se reduce a la física y, en consecuencia, que la filosofía de la física es suficiente para fundamentar la práctica química ha tenido como consecuencia el subdesarrollo de la filosofía de la química. Estos supuestos fueron difundidos después del éxito de la mecánica cuántica en el siglo XX. El físico Paul Dirac (Dirac, 1929, pág. 714) sostuvo lo siguiente:

"Las leyes físicas necesarias para la teoría matemática de una gran parte de la física y la química completa se conocen completamente, y la dificultad es únicamente que la aplicación exacta de estas leyes lleva a ecuaciones demasiado complicadas para ser resueltas."

Desde un enfoque pragmatista comenzaré esta tesis rechazando esta supuesta reducción, cuyo principal punto débil es que requiere una concepción de la realidad como una sola y supone que a través de la ciencia podemos acceder a ella, formando una Teoría Única y Verdadera con la que algún día se podrán



explicar todos los fenómenos que componen la realidad, incluyendo los fenómenos químicos. Ante la creencia de que la mecánica cuántica representa un acercamiento a esta Teoría Única y Verdadera y que los fenómenos químicos pueden describirse por completo en función de la mecánica cuántica, es interesante notar que en la práctica química se siguen utilizando conceptos como orbital, enlace químico, quiralidad, por mencionar algunos, los cuales no pueden aún derivarse o tratarse con el rigor de la mecánica cuántica y comenzaron a utilizarse con éxito desde mucho antes de su desarrollo. A. Manafu (Manafu, 2015, págs. 46-47) propone la siguiente pregunta: "Si las entidades de las que habla la química se componen de nada más que las entidades de las que habla la mecánica cuántica, ¿por qué tenemos química y no solamente mecánica cuántica aplicada?"

El paradigma actual supone que en verdad hay una reducción ontológica de la química hacia la física y que este tipo de conceptos que se originan de forma independiente de la teoría reductora (en este caso la mecánica cuántica) podrían deducirse a partir de ella si se contara con herramientas epistemológicas con mayor alcance, como mejores herramientas matemáticas y computacionales para realizar cálculos que confirmaran la Teoría Única y Verdadera. Dicho de otra forma, se considera que los conceptos particulares a la química, así como a las teorías en que éstos emergen, son herramientas útiles para superar *artificialmente* el hecho de que nos encontramos epistemológicamente limitados por el alcance computacional principalmente, resultando en que aquello particular a la química es una "maroma" teórica *útil*, pero sin verdadera existencia en la *única realidad*.

Este hecho ya ha sido advertido por Labarca y Lombardi (2010), quienes filosofaron sobre la existencia del orbital y observaron que el reduccionismo está difundido con tanta fuerza que una gran cantidad de científicos no sólo rechaza la autonomía ontológica de la química al considerar que los orbitales son inaccesibles epistemológicamente, sino que llegan a aseverar que simplemente



no existen, a pesar de la utilidad del concepto en la química. (Labarca, 2010, págs. 149-157)

2.1.2 Ciencia

Antes de adentrarnos más en este análisis es necesario recordar los criterios con los que una actividad se clasifica como ciencia. Enseguida presento la definición elegida de ciencia por Goldstein en *How We Know*, un ensayo introductorio sobre epistemología en las ciencias.

“Hemos elegido definir *ciencia* de manera muy amplia -como una actividad caracterizada por tres rasgos:

1. Es una búsqueda de entendimiento, en el sentido de encontrar explicaciones satisfactorias de algún aspecto de la realidad.
 2. El entendimiento se logra mediante declaraciones de principios o leyes generales-leyes aplicables a la variedad más amplia posible de fenómenos.
 3. Las leyes o principios pueden comprobarse experimentalmente.”
- (Goldstein, 1978, pág. 12)

Hay ciertas sutilezas en dos de los conceptos involucrados en estos criterios: el de *hechos* y el de *realidad*, que se explorarán a continuación. El tercer aspecto de la definición de ciencia que presentamos nos permite aseverar que el conocimiento científico se construye con experimentos, donde realizamos observaciones y, entonces, obtenemos *hechos* con los que comprobamos hipótesis. Citando a Goldstein:

“Estamos rodeados de hechos -las cosas que podemos ver, sentir, escuchar y oler.” (Goldstein, 1978, pág. 12)



Nosotros solo tenemos certeza de las sensaciones (con las que construimos hechos), y que lo que llamamos *realidad* es la manera en que interpretamos y estructuramos dichas sensaciones. Sobre los hechos, Goldstein reflexiona: "Creemos en su realidad y en ocasiones llegamos a suponer que nada más es real. Pero la visión común de ellos como datos inevitables y básicos de la existencia ignora el fuerte componente de la experiencia y el condicionamiento en las percepciones más simples." (Goldstein, 1978, pág. 12)

Hay filósofos que argumentan que el conocimiento humano está conectado con la acción efectiva. Esto incluye a la ciencia, que "(...) no comienza con hechos; comienza con la percepción de un problema y la creencia en la posibilidad de una respuesta" (Goldstein, 1978, pág. 19)

Las hipótesis, entonces son creencias en la posibilidad de una respuesta, dado que "(...) se entiende una hipótesis como la percepción de algún patrón en los fenómenos, el establecimiento de alguna expectativa sobre lo que pasará después" (Goldstein, 1978, pág. 24)

El conocimiento científico debe ser alcanzable epistemológicamente para el científico y además los hechos con que se trabaja son distinguidos o percibidos de forma selectiva.

Goldstein (How We Know, p. 18) sostiene que la concepción de los hechos en la ciencia como "fijos e incambiables" ha dado lugar a malas interpretaciones en su uso; por ejemplo, que "las teorías deben estar de acuerdo con todos los hechos y, de no ser así, están mal". Este tipo de aserciones, de acuerdo con Goldstein ignoran "que la realidad del mundo se compone de un número absolutamente enorme de hechos: cada grano de arena en una playa es diferente del otro; no hay dos que pesen exactamente lo mismo o que tengan la misma forma. Sin embargo, el peso y la forma de cada uno son hechos separados. De ninguna teoría se puede esperar que explique tal multitud de cosas; debemos estar contentos con mucho menos." (Goldstein, 1978, pág. 18)



Concebir una sola realidad en su totalidad a partir de un set limitado de datos - los que conocemos- es un razonamiento que ya ha sido criticado por filósofos como Lee Smolin (Smolin, 2013, pág. 13). En este trabajo rechazaremos esta postura reduccionista y defenderemos la independencia ontológica de los conceptos en que se basa la práctica química. Para esto, tomaremos una postura pragmatista, que reconoce la imposibilidad de acceder a la realidad tal cual es (lo que Kant llama *noumena*) y se explorará la oportunidad que representan las perspectivas pluralistas para concebir, describir y observar la realidad, en donde se toma en cuenta que el conocimiento se adquiere al participar en la realidad y se elimina el supuesto de que es posible adquirir conocimiento como espectadores que no afectan la realidad que observan.

Pragmatismo

Se considera a Charles S. Peirce (1839–1914) el fundador del pragmatismo filosófico, que se convierte en una pieza fundamental en la resolución de los problemas actuales de la filosofía de la química. De hecho, Peirce se graduó en química y se identificó como químico durante toda su carrera. (Earley, 2015, pág. 73)

Los pragmatistas señalan que aprendemos sobre nuestro mundo, así como de nuestras propias capacidades y limitaciones, al interactuar y explotar nuestros alrededores, que incluyen los miembros de nuestras propias especies. (Earley, 2015, pág. 75)

La realidad, desde esta perspectiva, se construye a partir de lo más elemental: las experiencias sensoriales humanas.

De acuerdo con Peirce los pragmatistas niegan que cualquier descripción concebible del mundo pudiera ser suficientemente completa y exacta para adecuarse a *todos los propósitos*. No podemos acceder a la realidad tal cual es, que requeriría lo que algunos filósofos llaman “vista del ojo de Dios”, refiriéndose a una capacidad sobrehumana para concebir la realidad; tal concepción de la



realidad es imposible de experimentar o corroborar para los seres humanos, quienes nos vemos forzados a concebir una realidad más limitada partiendo de lo que sí nos es accesible sensorialmente. "Peirce argumentaba que adquirimos conocimiento como *participantes*, no como *espectadores*." (Earley, 2015, pág. 3)

Siguiendo este enfoque pragmatista, admitimos entonces que la ciencia es una actividad inseparable de nuestra condición humana dado que cualquier conocimiento que se genera en ella involucra una cadena de interacciones que termina en la experiencia sensorial del ser humano, aunque sea a través de sofisticados aparatos de medición (por ejemplo, al ver un dato numérico mostrado por un aparato digital). Más allá de la cuestión de si se puede separar al humano de este conocimiento, queremos hacer notar la necesidad de su interacción con éste en todo proceso de medición.

Esto tiene una implicación importante:

"Dado que el punto de vista privilegiado del Ojo de Dios no existe, no hay alguna ontología 'verdadera': todas las ontologías tienen el mismo estatus metafísico porque todas ellas están constituidas por descripciones igualmente objetivas." (Lombardi, 2005, pág. 14)

Aunque pareciera al principio inusual hacer ciencia concibiendo realidades no nouménicas, o realidades distintas a "la realidad tal cual es", un poco de reflexión nos lleva a notar que es lo que se ha hecho siempre, pero bajo el supuesto de que es posible acceder a la realidad nouménica. La incomodidad ante la pretensión de hacer ciencia renunciando a la descripción de la realidad "tal cual es" se origina, de acuerdo con Putnam, al razonar por medio de una falsa dicotomía que divide la realidad entre objetiva y subjetiva. Putnam nos libera de esta falsa dicotomía a través del **realismo interno**, una postura filosófica que no pretende acceder a la Teoría Única y Verdadera, sino que propone que lo que pudiéramos pensar que es la realidad "objetiva", en realidad emerge al definir los objetos dentro de un marco conceptual limitado a nuestras aptitudes epistemológicas. En otras palabras, se puede renunciar a la labor de describir la



realidad tal cual es y al mismo tiempo ser objetivos desde aquello a lo que podemos acceder epistemológicamente dentro de ciertos marcos conceptuales. Aunque se admite que sería una objetividad para el sujeto que define el marco ontológico, es la única objetividad a la que el sujeto puede aspirar en su condición de humano con limitaciones epistemológicas y es la máxima objetividad posible una vez que se rechaza la idea del “punto de vista del ojo de Dios”.

(Putnam, 1981, pág. 49 como se cita en Lombardi, 2005, pág. 14)

Los humanos partimos de experiencias sensoriales que organizamos para construir marcos ontológicos en los que emergen los objetos y conceptos con que construimos y describimos la realidad. En cierta forma, suponer que la química se reduce a la física es suponer que los esquemas ontológicos usados en la física incluyen y superan los esquemas ontológicos que pueden usarse en la química. Esta postura se rechaza a favor del pluralismo ontológico, “una característica central en el internalismo de Putnam” (Lombardi, 2005, pág. 13)

Las porciones de realidad que estudian la física y la química, aunque no necesariamente deben ser excluyentes una de otra, pueden llegar a serlo (por ejemplo, las reacciones de precipitación no se explican con física) y pueden dar lugar a marcos ontológicos que sí sean excluyentes entre ellos. Esto nos permite reconocer que los marcos ontológicos con que se describe la física pueden resultar limitados en la práctica química, donde emergen nuevos conceptos para describir los fenómenos químicos que no se derivan de los conceptos con que se describe la realidad descrita por la física. Dicho esto, se vuelve evidente la necesidad de desarrollar la filosofía de la química al explorar enfoques alternativos a los que dan por hecho la subordinación a la filosofía de la física.

2.2 La física y la química como ciencias que pueden ser abordadas por marcos ontológicos esencialmente distintos



Una diferencia fundamental entre la física y la química tiene que ver con la reactividad y la forma en la que se concibe la identidad y las propiedades de los objetos. En química tenemos a la tabla periódica, así como otras categorías en que se clasifica la materia y que son función de los *cambios* en que la materia se involucra. Hay autores que prefieren definir a la química como la ciencia que estudia el *cambio* más que la materia en sí. (Stein, 2004, pág. 5). Desde la alquimia, el potencial de los ácidos para producir cambios en otras sustancias, lo que ahora conocemos como reactividad, avivó la curiosidad de los alquimistas y los convirtió en algunas de las primeras sustancias en estudiarse por su potencial para producir cambios en otras sustancias. Joachim Schummer reflexiona: “¿Se trata la química principalmente de cosas o de procesos, de sustancias químicas o de reacciones químicas? ¿Una reacción química se define por el cambio de ciertas sustancias, o las sustancias se definen por sus reacciones químicas características?” (Schummer, 2004, pág. 3)

Para responder estas cuestiones, podemos comenzar por recordar que el criterio de existencia para las especies químicas, de acuerdo con la literatura, es que interactúen con un sistema de medición. De hecho, los modelos con que se concibe la materia son útiles por su poder predictivo sobre la reactividad de las sustancias: si queremos saber de qué está hecho algo es porque entonces sabremos qué pasará con eso y qué va a provocar en otras cosas, objetos o sustancias. Es decir, *dentro de un marco ontológico que se ocupe de describir la realidad **como es** se puede concebir una estructura estática o inherente a las sustancias químicas, pero que termina de tener sentido en el momento de reconocer patrones de comportamiento de dichas sustancias.*

2.2.1 El dinamismo de la identidad química



Para identificar una muestra, por ejemplo, es necesario realizar análisis o pruebas, de forma que la sustancia se perturbe y reaccione de una forma distintiva. Esta actividad depende de asumir que cada sustancia química tiene cuando menos una propiedad diferente que la hace única (Enke 2001 como se cita en Ngai, 2016, pág. 137). Si hay una sustancia con un comportamiento no observado antes, al no haber registro de su existencia podría decirse que se ha descubierto una sustancia y se esperaría que haya experimentos subsecuentes para observar y registrar su reactividad. “En realidad, cualquier (sustancia) química con el tiempo se convierte en una enciclopedia de conocimiento sobre ella”. (Laszlo, 2014, pág. 99)

Joseph E. Earley provee un ejemplo del criterio de existencia usado para probar la existencia de un complejo inestable de van der Waals; se determinó que dicha especie existía al causar efectos no atribuibles a las especies químicas de que se compuso:

“Mi sugerencia sería que cualquier cosa que posea cualquier clase de poder para afectar a otra cosa, o para ser afectada por otra, incluso por un momento, sin importar qué tan trivial sea la causa o qué tan sutil el efecto, tiene existencia real; y sostengo que la definición de ser es simplemente el poder.” (Hamilton y Cairns, 1961 págs. 246-247 como se citó en Earley, 1998, pág. 107).

Esta noción es la base del criterio usado por los químicos para determinar la existencia y caracterizar las sustancias, cuyas reacciones corresponden a las reacciones características de una sustancia ya identificada. *Se reconoce un patrón, una especie de pieza de rompecabezas en una red que además se desenvuelve en el tiempo.*

2.2.2 Diferencias ontológicas entre la física y la química: ontologías de relaciones interiores y exteriores



A partir del comportamiento de las sustancias se han desarrollado teorías en las que dicho comportamiento se interpreta como una consecuencia de la estructura *intrínseca o inherente* de las entidades que componen a la sustancia. Estas entidades son los átomos y moléculas.

Tontini establece que el propósito fundamental de la química es entender cómo la estructura de las moléculas determina las propiedades de las sustancias (Tontini, 2004, pág. 25), lo cual es un ejemplo de la popularidad de una visión mecanicista en la que los fenómenos en que una sustancia se involucre dependen de factores intrínsecos como la estructura. Más recientemente se reflexiona que el conocimiento de la estructura molecular como propiedad estática y real de los objetos puede no ser epistemológicamente accesible. (Ochiai, 2017, pág. 202)

Bernal establece una diferencia entre los átomos químicos y los átomos físicos: los átomos químicos difieren de los físicos al definirse como **unidades fundamentales de combinación química**. “Su carácter atómico se limita no a su estatus de partículas indivisibles, sino a su apariencia como ‘factores mínimos’ que emerge de la ley de proporciones”. (Bernal, 2010, pág. 88) Las propiedades de los átomos químicos “no se especifican antes de hacerlos parte de una teoría física, sino que se disciernen como resultado de la investigación química” (Chalmers, 2008, pág. 162).

2.2.3 El corpuscularismo, un ejemplo de ontología de relaciones exteriores

Andrés Bernal y Edgar E. Daza son dos autores que se ocuparon de analizar el estado epistemológico y ontológico de las relaciones químicas, incluyendo un análisis sobre el corpuscularismo:

“El corpuscularismo pertenece a una clase de ontologías que concibe las relaciones de los objetos como externas a su identidad, lo cual quiere decir que las cosas tienen una realidad independiente de sus relaciones y que las precede. Al ser así, las relaciones no afectan fundamentalmente la identidad de las cosas relacionadas o que se relacionarán. Esto permite que las cualidades de las cosas -



por ejemplo, el tamaño y la forma- determinen sus relaciones." (Bernal, 2010, pág. 84)

Se hace hincapié en que estos enfoques resultan problemáticos en situaciones donde hay alta selectividad, como es el caso de las reacciones químicas, dado que la compleja variedad de comportamientos se vuelve imposible de describir en forma simple en función de las propiedades de las especies. El corpuscularismo, y las ontologías de relaciones exteriores en general, obligan a adjudicar más y más atributos a las especies para dar sentido a la alta selectividad observada, lo que se vuelve una violación al principio de la navaja de Occam. (Bernal, 2010, pág. 85)

2.2.4 Ontologías de relaciones interiores

Además de analizar el corpuscularismo como ejemplo de una ontología de relaciones exteriores, Daza y Bernal analizan también las ontologías de relaciones interiores:

"Cuando se concibe a las relaciones como internas, se supone que las cosas que se relacionan no son independientes de sus relaciones. Al ser así, las relaciones no dependen de algo 'interno' a las cosas en sí mismas (*ibid*). En una ontología de relaciones interiores no hay objeto que preceda a sus relaciones, dado que son ellas las que constituyen el objeto. Las cualidades del objeto no pueden tener ningún rol en la determinación de sus relaciones, dado que las últimas preceden a las anteriores. En vez de eso, las relaciones del objeto sirven para construir sus cualidades. Una teoría de relaciones interiores explota los complejos patrones de relaciones para construir caracterizaciones variadas de las entidades. Entonces, las consecuencias con relación al efecto de la selectividad se invierten con respecto al caso de relaciones exteriores: cuando las relaciones son no selectivas, tal teoría no nos diría nada excepto que todos los objetos son similares; pero cuando hay alta



selectividad, las relaciones internas se convierten en una poderosa fuente de conocimiento en relación con las entidades." (Bernal, 2010, pág. 86)

2.2.5 La precipitación de las especies químicas: un caso de estudio

Durante el Siglo XVII, los filósofos naturales buscaron "domesticar" el campo de la química y llevarla a un nivel de legitimidad como el corpuscularismo de Boyle. (Bernal, 2010, pág. 83) Durante ese siglo en Francia la destilación como herramienta de estudio de la química analítica fue reemplazada por la química en disolución, que se ocupaba sobre todo de iones metálicos. Acorde a la época, se trató de explicar la selectividad de las reacciones en disolución con base en el corpuscularismo, lo que resultó en una teoría compleja que adjudicaba a la materia más y más cualidades para explicar la alta selectividad. Además de compleja, la teoría no tuvo mucho éxito en la práctica.

Los estudios esencialmente distintos del químico francés Etienne-Francois Geoffroy tuvieron más éxito debido a su enfoque en la selectividad de las reacciones sobre la composición de la materia en sí, con lo que construyó una tabla de afinidades entre diferentes sustancias que resultó tener un gran poder predictivo. Bernal sostiene que el rechazo al corpuscularismo y el enfoque en las "preferencias" de las sustancias fueron fundamental en el éxito de Geoffroy. (Bernal, 2010, pág. 84)

2.2.6 Conclusión: hacia ontologías relacionales

"Tanto como ciencia y como arte práctico, la química característicamente se ocupa de relaciones – probablemente, el enfoque en las relaciones es una característica que define a la química."
(Earley, 2015, pág. 77)



La idea de que la química se trata esencialmente sobre la transformación de las sustancias y que los eventos son los elementos básicos de la ontología química ciertamente no es una novedad (Van Brakel, 2014, pág. 11), pero sus implicaciones siguen inexploradas; la química puede comenzar a explorarse sin el yugo que representa una concepción de la realidad reducible a la física, pudiendo ahora concebirse desde una ontología de relaciones internas en donde la identidad de las sustancias es precedida por sus relaciones peculiares.

Las clasificaciones más útiles de las sustancias químicas se enfocan en sus *funciones*; conceptos como ácidos, bases e incluso grupos o familias en la tabla periódica toman sentido cuando se abstraen comportamientos en común en las entidades que componen estos grupos. En las ontologías de relaciones internas no existe objeto que preceda a sus relaciones, dado que éstas constituyen las propiedades o cualidades que dan identidad al objeto. Estas ontologías se vuelven una poderosa fuente de conocimiento sobre las sustancias en situaciones donde se observa alta selectividad, como en la química. Hoy hay filósofos que dirigen esfuerzos a la estructuración de esquemas ontológicos que se enfocan en las relaciones como característica distintiva de la química. (Earley, 2015, pág. 85) Un ejemplo de estas estructuraciones se abordará en el capítulo siguiente.

2.3 Estructura relacional de la química: la red de Schummer

Habiendo expuesto en el capítulo anterior dos ontologías distintas con que se pueden abordar la química y la física, así como sus diferencias fundamentales, se reconoce que una labor importante en la filosofía de la química contemporánea consiste en estructurar los aspectos fundamentales y particulares de la química, aquellos que la distinguen de las otras ciencias y cuya relevancia se justifica a través del pluralismo ontológico. Joachim Schummer ((Schummer, 1998, pág. 158) reconoce que el estudio filosófico de estas cuestiones distintivas permitiría:

1. Definir mejor el alcance de la química en aplicaciones interdisciplinarias



2. Evitar caer en reduccionismo ciego y en sobre generalizaciones, principalmente en relación a la física y la biología
3. Sacar a la luz aquellos problemas particulares de la filosofía de la química que no pueden abordarse partiendo de posturas fisicalistas.

La contribución de Schummer ante esta labor consiste en comenzar a estructurar los conceptos clasificatorios en la química en forma de red, esbozando lo que él llama “el núcleo químico de la Química”, refiriéndose a aquellas partes de la química que pueden ser “claramente distinguibles conceptualmente en la química interdisciplinaria y aplicada, así como en las ramas especializadas, que además resisten la reducción fisicalista”. Esta abstracción se explicará a más detalle a lo largo de este capítulo.

2.3.1 Propiedades e identidad química

Históricamente en las ciencias exactas se ha adoptado una postura mecanicista en la misión de buscar la “esencia” de la materia, aquello invariable o que permanece después de cambios materiales. (Schummer, 1998, pág. 132)

Mientras que una postura fisicalista asume que la identidad y el comportamiento de los objetos son función de la estructura interna de los mismos, en la química las propiedades preceden a la identidad y se exhiben de forma contextual:

“El concepto de “identidad química” encapsula la noción más básica de la química: ¿qué es esto? La identificación de sustancias ha sido central en la química a través de toda la historia de esta disciplina. Analizar una muestra con intención de identificarla es, fundamentalmente, un problema de clasificación o diferenciación. Tal actividad depende en el supuesto de que cada sustancia química tiene al menos una propiedad diferenciable que la hace única” (Ngai, 2016, pág. 137)



Mientras que las propiedades primarias (forma, tamaño, composición etc.) se consideran inherentes a los objetos por sí solos, Schummer define las propiedades materiales como comportamiento reproducible dentro de ciertas condiciones contextuales reproducibles y enfatiza la importancia de reconocer que las propiedades materiales se atribuyen no a los objetos aislados, sino tanto a los objetos como a los contextos. Se consideran ortogonales estos dos tipos de propiedades, primarias y materiales. (Schummer, 1998, pág. 132)

Schummer concluye que la identidad química es un concepto que tiene sentido a través de interacciones. Como ejemplo, menciona que la toxicidad no es una propiedad de una sustancia por sí sola, sino que se exhibe en un contexto, que suele ser el cuerpo de un organismo biológico. Reconociendo que hay varios tipos de propiedades importantes en las sustancias (físicas, químicas, electromagnéticas), Schummer sostiene que las interacciones más esenciales en la química son aquellas a través de las cuales las sustancias alcanzan una transmutación o cambio de identidad química, es decir las reacciones químicas. (Schummer, 1998, pág. 134). Schummer hace notar que las reacciones químicas "conectan" ciertas sustancias químicas con otras y esas conexiones las ubican dentro de la red química.

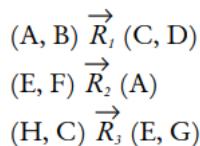


Figura 1 - Sustancias y relaciones químicas como función de factores contextuales

A, B, ... , H: sustancias químicas. R1, R2, R3: relaciones químicas, que son función de ciertas condiciones contextuales.

La red de Schummer

"La química es nuclearmente una ciencia sobre relaciones peculiares. En vez de estudiar objetos aislados, medirlos, compararlos y darles lugar en un esquema



clasificatorio, las relaciones dinámicas entre los objetos forman el conjunto básico de conocimiento químico y, al mismo tiempo, proveen las bases para la clasificación de los objetos por sí mismos". (Schummer, 1998, pág. 135)

La reactividad, o el conjunto de las propiedades químicas de una sustancia, se exhibe en relación a otras sustancias y con ella se define su identidad y su lugar en la red. Schummer se da a la tarea de estructurar el conocimiento en la química de una forma que considere esta particularidad y llega a una estructura en forma de red que conecta, directa o indirectamente, a *todas* las sustancias químicas. En esta red, los nodos son las sustancias químicas, mientras que las conexiones representan reacciones químicas.

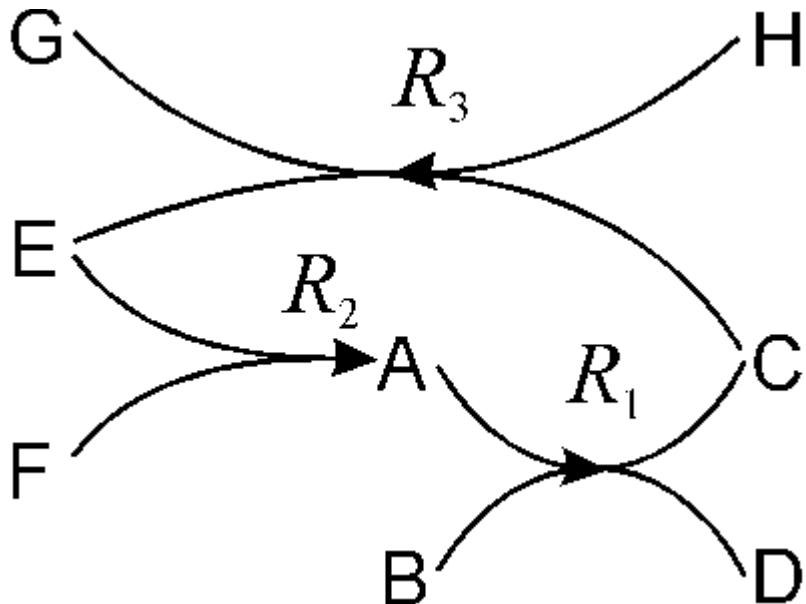


Figura 2 - Esquema de la red química

De la misma forma en que las reacciones químicas nos permiten dar identidad a sustancias químicas, también es posible clasificar a las sustancias en grupos superiores (ésteres, alcoholes, ácidos carboxílicos, etc.) de acuerdo a su reactividad y el resultado es otra red, cuyas conexiones también serían reacciones químicas, aunque más generales, y los nodos serían los grupos funcionales. Por ejemplo, H podría representar la gran variedad de compuestos



clasificados como ácidos carboxílicos, mientras que C representaría, por ejemplo, un hidrogenocarbonato de algún metal que al reaccionar con un ácido carboxílico produciría una sal, que podría representarse con G, dióxido de carbono que podríamos representar con E y agua, que podemos representar con W:

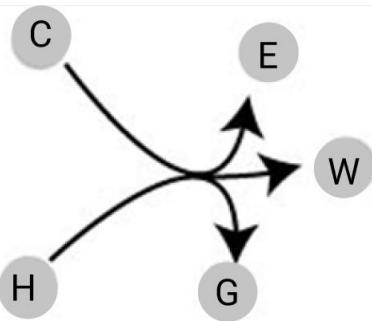


Figura 3 - Ejemplo de una reacción química en la red de Schummer

Un ejemplo concreto de dicha reacción es la reacción entre el bicarbonato de sodio con ácido acético, que se muestra a continuación:



Figura 4 - Reacción del bicarbonato de sodio con ácido acético

Queda en evidencia que la red química es útil para dar identidad a las sustancias, pero también hace posible categorizar las sustancias en niveles superiores, lo que convierte a la red en una herramienta con un gran poder predictivo en la práctica química.

2.3.2 La necesidad de sustancias puras

Hasta ahora hemos mencionado que los nodos de esta red son sustancias puras, no átomos o moléculas individuales, y *hay una razón fundamental para construir la red de esta manera*. Schummer evita construir su red partiendo de dichos conceptos al dudar de su validez como representaciones de la realidad, aunque reconoce el poder predictivo de tales construcciones dentro de ciertas teorías y modelos.



Aunque la necesidad de que los nodos sean sustancias puras puede parecer arbitraria, es en realidad necesaria epistemológicamente. Un argumento fuerte a favor de esta restricción es que la estructura molecular toma sentido dentro de contextos o ambientes; las especies cuasimoleculares suelen interpretarse como entidades que tienen propiedades intrínsecas o independientes de su ambiente (solventes, etc.), lo que quita el sentido a la distinción entre sustancias puras y mezclas. Si bien, es cierto que las sustancias no suelen encontrarse puras en la naturaleza y se reconoce que la purificación es una intervención “artificial” sobre la materia, este procedimiento no solo es útil sino también *necesario* en el sentido de que nos permite tener puntos de partida *controlados* y *repetibles* para estructurar una red de conocimiento químico.

Quizás se vuelva posible algún día estructurar una red similar con especies químicas individuales, pero esta es una tarea hasta ahora inaccesible epistemológicamente. Además, es probable que su aplicabilidad o su poder predictivo ante nuestra realidad sea irrelevante o incluso inobservable como para justificar este emprendimiento con el rigor del método científico.



2.4 Nuevas herramientas para la filosofía de la química

Un señor toma el tranvía después de comprar el diario y ponérselo bajo el brazo. Media hora más tarde desciende con el mismo diario bajo el mismo brazo.

Pero ya no es el mismo diario, ahora es un montón de hojas impresas que el señor abandona en un banco de plaza.

Apenas queda solo en el banco, el montón de hojas impresas se convierte otra vez en un diario, hasta que un muchacho lo ve, lo lee y lo deja convertido en un montón de hojas impresas.

Apenas queda solo en el banco, el montón de hojas impresas se convierte otra vez en un diario, hasta que una anciana lo encuentra, lo lee y lo deja convertido en un montón de hojas impresas. Luego se lo lleva a su casa y en el camino lo usa para empaquetar medio kilo de acelgas, que es para lo que sirven los diarios después de estas excitantes metamorfosis.

El diario a diario, Julio Cortázar

Como espero haber podido sugerir con este epígrafe, en este capítulo se introducirán algunos conceptos clave para la filosofía de la química contemporánea que tienen que ver con propiedades disposicionales de los objetos; podemos comenzar por reflexionar que lo que ocurre con las entidades químicas, como con el diario, depende también de factores externos a éstas (y del tiempo). Se trata de tres conceptos que recientemente han sido incluidos en la filosofía de la química y que ofrecen a los académicos una oportunidad de



exploración y reestructuración del conocimiento de la química (Harré, 2014, pág. 77). Estos tres conceptos son:

1. Propiedades de Gibson (*affordances*)
2. Proposiciones de bisagra (*hinges*)
3. Falacias mereológicas

Estos conceptos, como sostiene Harré, son herramientas para ampliar y estructurar el conocimiento de la química y están en completa armonía con la ontología de relaciones interiores. Enseguida se pondrán en contexto cada uno de estos conceptos, además de ubicarlos en la red de Schummer.

2.4.1 Propiedades de Gibson

El concepto de propiedades de Gibson (*affordances* en inglés) fue introducido por Gibson y desarrollado después en sus estudios sobre la percepción (Gibson, 1967) (Harré, 2014, pág. 78). Este concepto surge al estudiar la percepción visual (citar la percepción del mundo visual) y notar que ver algo no es solo un fenómeno físico solamente, sino que involucra un tipo de percepción por el cual la atención se enfoca en función del *propósito* que el actor tiene o la forma en que se puede *disponer* de los objetos. Por ejemplo, un lago congelado tiene la propiedad de Gibson de caminar para un lobo, pero no a para un alce, mientras que un cuchillo tiene la propiedad de Gibson de cortar en un contexto donde haya pan.

“Gibson rechazaba la idea de que estas propiedades fueran cualidades fenoménicas sin importancia clasificatoria fuera de la experiencia subjetiva. Al contrario, asumía que se trataba de propiedades reales del ambiente relativo a un animal (o persona, o aparato de medición, etc.). (Turvey, 1965, pág. 175 como se cita en Harré 2014, pág. 78). En el contexto de la filosofía de la ciencia



se puede decir que la naturaleza y los experimentos en algún punto debe haber mediciones que en la práctica también son propiedades de Gibson que se transforman a datos: tomando una postura compatible con la de Gibson, recordamos que las mediciones físicas implican necesariamente un cambio perceptible para el observador, directamente a través de sus sentidos o indirectamente a través de algún aparato de medición. Las propiedades que definen a los objetos dentro de un marco conceptual también son y han sido interacciones que dan al observador datos clasificatorios; son respuestas a mediciones que se interpretan desde el marco conceptual del observador. Hay, entonces, una relación fundamental entre la sensibilidad y la construcción conceptual de la realidad para el ser humano como espectador.

Con respecto a la utilidad de estos conceptos en la filosofía de la química, sostendemos que permiten la fundamentación de sus prácticas a través de la construcción de herramientas conceptuales, como la red de Schummer presentada anteriormente. Esta red, por ejemplo, estructura propiedades de bisagra como "C tiene la propiedad de convertirse en E gracias a H, que a su vez se convirtió en G al reaccionar con C". También podría decirse algo como "C + H como conglomerado tiene la propiedad de Gibson de producir G + E". En esta estructuración de la química tiene sentido suponer que las propiedades químicas no tienen por qué atribuirse a una sustancia de forma aislada, sino que se derivan dentro de un contexto: el conjunto de objetos del que emergen las propiedades, conjunto que además incluye al observador, no solamente a los actores (sustancias químicas), en el momento de la observación.

La identidad de las especies químicas tiene lugar dentro de una red, dado que las especies químicas se distinguen e identifican por sus propiedades de Gibson o, dicho de otra forma, por su manera de reaccionar con el resto de las especies.

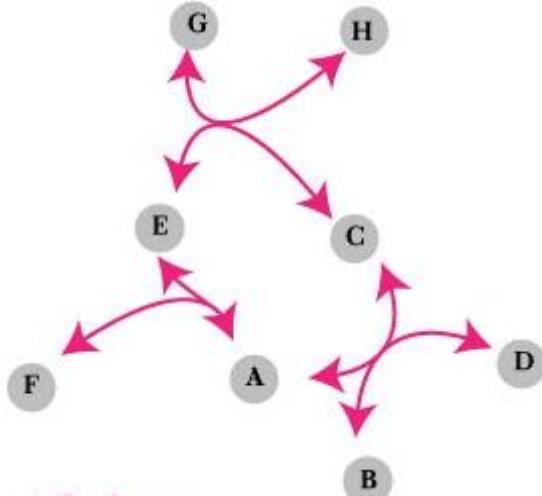


Figura 5 - Red de Schummer (relaciones representadas como propiedades de Gibson)

En esta red se muestran las propiedades de Gibson como flechas rojas en dos direcciones, aunque esto no significa que las reacciones sean siempre reversibles o que lo sean en igual medida. En realidad, consideramos a las propiedades de Gibson unidireccionales temporalmente, como se ilustra en la Figura 6.

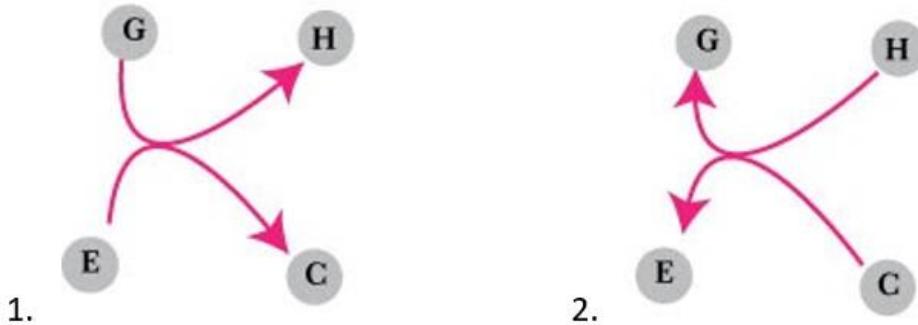


Figura 6

Por ejemplo, una reacción de combustión puede modelarse a partir de esta representación gráfica de propiedades de Gibson. Aquí G y E podrían ser el combustible y el oxígeno, mientras que H y C podrían ser los productos de la combustión, suponiendo CO₂ y agua. Entonces la propiedad de Gibson en este sentido sería válida: combustible y oxígeno generan G y la propiedad de Gibson en el sentido contrario no es válida: "CO₂ y agua



“generan combustible y oxígeno” es un hecho falso. Por otro lado, también hay reacciones reversibles que implicarían propiedades de Gibson ocurriendo en los dos sentidos, pero eso no significa que la magnitud de una dirección con respecto a su inversa sea comparable o indistinguible. Debemos notar que las propiedades de Gibson tienen sentido en una dimensión temporal desde la perspectiva de un científico.

Mientras que en física las ecuaciones con que se describen los sistemas suelen ser simétricas en la dimensión temporal en el sentido de que el futuro y el pasado son equivalentes (indiferenciables), la química se encuentra fuertemente enlazada con la evolución temporal de sus fenómenos. Esto comienza a hacer que notemos que hay una faceta evolutiva en la red de Schummer, en el sentido de evolucionar en el tiempo. Este tema se tocará más adelante.

Para finalizar, es necesario aclarar que las sustancias químicas pueden tener propiedades de Gibson distintivas que no impliquen reacciones químicas y, en consecuencia, tampoco cambios de identidad química. Una sustancia, por ejemplo, puede caracterizarse o se le puede asignar cierta identidad por sus interacciones con la luz en un espectrofotómetro sin que se vea implicado un cambio de identidad.

2.4.2 Proposiciones de bisagra (*hinge propositions*)

Las proposiciones de bisagra son afirmaciones que derivan de la interpretación que hace el científico de las propiedades de Gibson obtenidas por experimentación. Estas propiedades de Gibson, dependiendo de cómo se interpreten, se convierten en aserciones válidas para describir, por ejemplo, el hecho o fenómeno de la combustión (por ejemplo, oxígeno más combustible produce agua, dióxido de carbono y sus derivados).



Harré introduce en su artículo el concepto de propiedades de bisagra (en inglés *hinges*) de Wittgenstein invitando a observar que las imágenes de conocimiento más simples incluyen relaciones conceptuales presentadas como verdades a priori, como "las causas preceden a sus efectos" o "un ácido reacciona con una base para dar una sal y agua". Las proposiciones de bisagra son certezas simples que funcionan como axiomas al estructurar el conocimiento científico. Una proposición de bisagra de Wittgenstein no es un objeto de conocimiento, sino que expresa aquello de lo que podemos tener certeza. (Harré, 2014, pág. 81) La postura filosófica con la que abordamos este trabajo, de naturaleza pragmatista, no tiene problema con que su conocimiento se limite a aquello de lo que puede tenerse certeza. Dentro de una perspectiva pluralista, las propiedades de bisagra son aquello que, sin tener que ser verdad desde la Visión del Ojo de Dios, nos hace accesible un tipo particular de objetividad dentro de nuestra condición de humanos que además es congruente con el método científico.

Valiéndonos de que el conocimiento requiere de un participante humano, podemos ubicar también el concepto de propiedades de bisagra con relación a la red de Schummer en la realidad del científico.

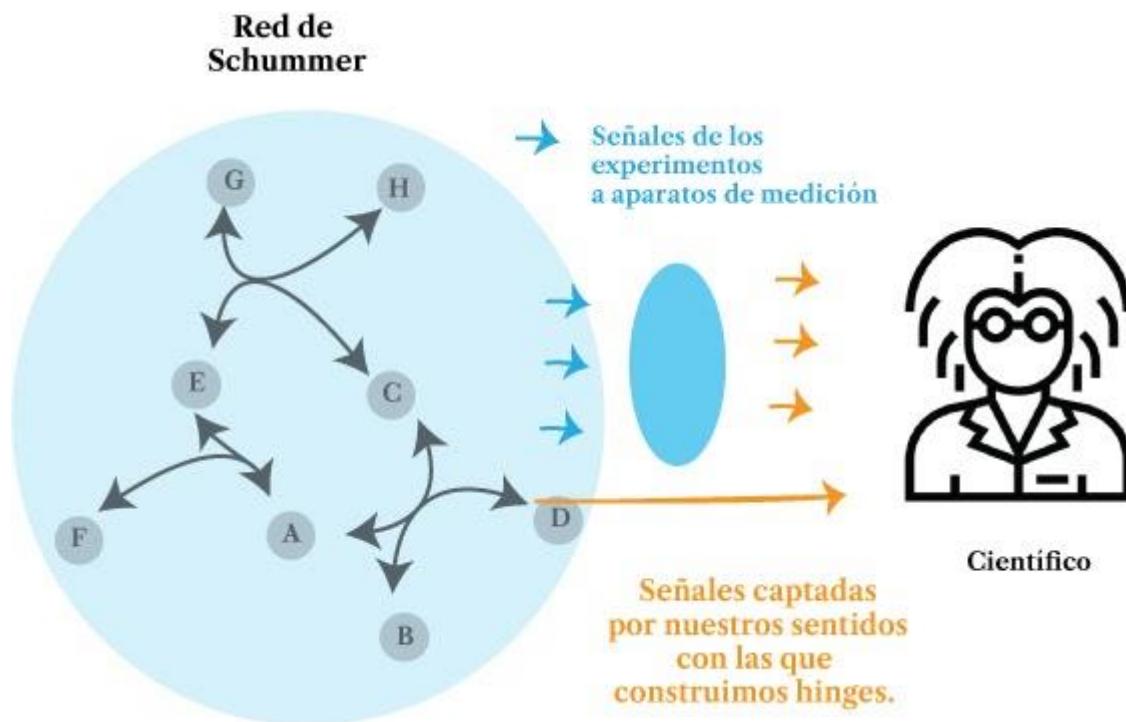


Figura 7 - Representación del conocimiento químico a partir de propiedades de bisagra

2.4.3 Falacias mereológicas

Una falacia mereológica en específico se introdujo por M.R. Bennett y Peter Hacker (Bennett y Hacker, 2003, como se cita en Harré, 2014, pág. 80). en el contexto de una evaluación de neurociencia: ellos argumentaron que es una falacia atribuir propiedades manifestadas por un animal completo a alguna de sus partes. Por ejemplo, ellos argumentaban que mientras que es válido decir que una persona piensa, es una falacia asumir que el cerebro por sí solo piensa o sus partes por sí solas piensan.

En química este tipo de razonamientos falaces suelen ser comunes en la práctica, como cuando asumimos que **una molécula individual** o un **grupo pequeño de moléculas** tendrá las mismas propiedades de Gibson que la **sustancia como conglomerado de moléculas a escala de varios moles**. Al mismo tiempo se



reconoce que las propiedades de una molécula no se limitan a la suma de las propiedades de los átomos que la componen.

El fenómeno conocido como *transdicción* consiste en realizar proyecciones, así como inferencias sobre eventos invisibles y microscópicos partiendo de observaciones a nivel macroscópico. Este fenómeno ha sido habitual entre los químicos desde el siglo XIX con el alza del atomismo químico (Ochiai, 2013, pág. 143).

Aunque los modelos de sistemas químicos suelen ser poderosos, la ontología con que se describen los fenómenos dentro de estos modelos no necesariamente se debe tomar como una representación verosímil de la realidad. (Schummer, 1998, pág. 149) En la presentación de su red, Schummer se toma un momento para dejar en claro que no se refiere a lo mismo cuando piensa en las propiedades de la *sustancia* como conglomerado (nodo) que en *entidades atómicas o moleculares de forma individual*, conceptos que suelen usarse intercambiablemente en la práctica química al ignorar o despreciar la falacia que se comete, a veces por fines prácticos.

En este fragmento de la red de Schummer se muestra que G y E tienen la propiedad de Gibson de producir H y C, o, en términos más familiares, que G y E reaccionan para producir H y C.

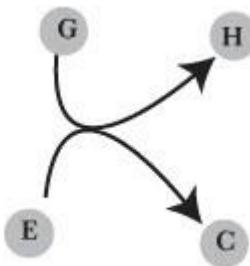


Figura 8



La sustancia G, como se muestra en la siguiente ilustración, podría estar compuesta de muchas moléculas individuales g, de acuerdo a los modelos químicos.

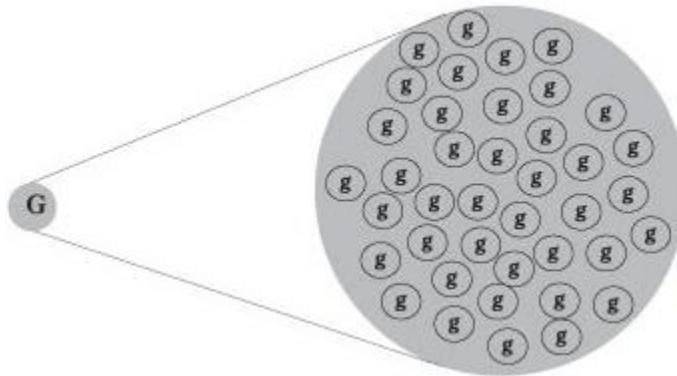


Figura 9

Schummer evita la falacia de proponer que las entidades individuales tienen las mismas propiedades de Gibson que las sustancias como conglomerado, lo que se presenta de forma gráfica en la siguiente imagen.



Figura 10

G puede exhibir propiedades *emergentes* que se deriven de las interacciones (representadas con flechas verdes) entre sus componentes g, quienes no las exhibirían por separado. Estas propiedades, dependiendo de la naturaleza de los componentes y las interacciones, pueden variar dependiendo del número de entidades que compongan al conglomerado.

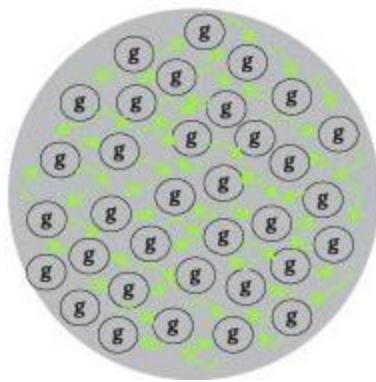


Figura 11

Teniendo diferentes cantidades de la misma sustancia G, representadas por G_n y G_{n+m} :

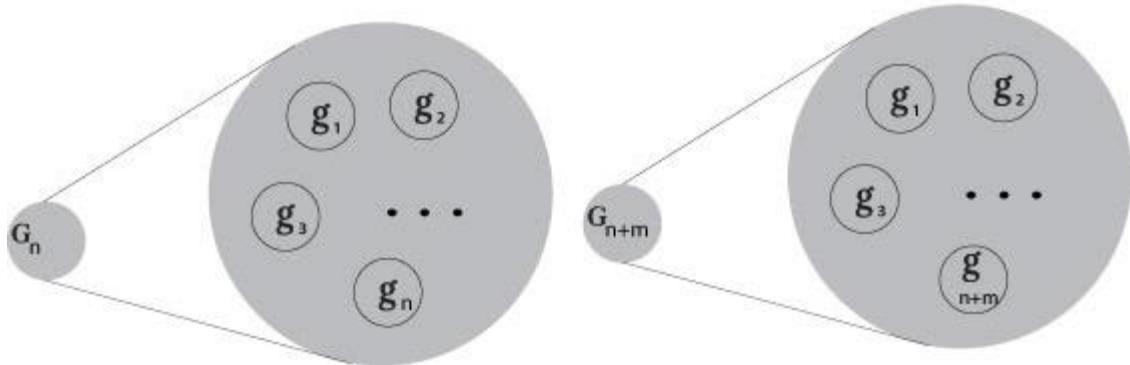


Figura 12

En la práctica química se asume que las propiedades de G_n con respecto a un observador en particular, es decir el científico, son aproximadamente iguales a las de G_{n+m}

$$P(G_n) \approx P(G_{n+m})$$

Figura 13



Aunque, si el observador realmente no puede distinguir las propiedades de G_n y G_{n+m} , desde una perspectiva pragmatista es correcto decir que son iguales en el marco de referencia del observador.

$$P(G_n) = P(G_{n+m})$$

Figura 14

Queda claro que las propiedades de una sustancia **G** como conglomerado de n entidades son idénticas a las propiedades del mismo tipo de sustancia con $n + m$ entidades para un intervalo bastante amplio de m siempre que n represente escalas de cantidad con las que solemos trabajar en la química. Aunque la práctica química trata prácticamente en su totalidad con sustancias en conglomerados, Schummer es consciente del riesgo de caer en una falacia mereológica y evita proyectar las propiedades que se exhiben en esta escala a otras escalas, como de moléculas individuales o conglomerados oligomoleculares.

Cerramos este capítulo concluyendo que estas nuevas herramientas para la filosofía de la química ofrecen una oportunidad de revolucionar la forma en la que la química se concibe. El siguiente capítulo tratará sobre el concepto de emergencia, un concepto interconectado con el concepto de falacias mereológicas y que se convierte en una pieza clave para comenzar a fundamentar esta posible revolución en la filosofía de la química.

2.5 Emergencia

El concepto de emergencia es en realidad un concepto con el que los químicos nos encontramos familiarizados desde los primeros años de estudio de esta disciplina, aunque no es un concepto que suele estudiarse formalmente y no sea



algo común referirse a esa noción por el nombre de emergencia. Sabemos, por ejemplo, que el agua se conforma por moléculas constituidas por hidrógeno y oxígeno, pero que sus propiedades son muy distintas a las propiedades del hidrógeno o del oxígeno por sí solos. En las moléculas "la forma en la que los electrones y núcleos se unen importa, y las 'conexiones' (enlaces químicos) determinan las propiedades del todo." (Del Re, 1998, pág. 7)

Un comportamiento o propiedad emergente surge cuando un conjunto de entidades simples interactúan en un ambiente, dando lugar a comportamientos más complejos como colectivo. En otras palabras, una propiedad emergente de un sistema es una propiedad que el sistema exhibe como conjunto y que no se reduce a sus componentes por separado. Es importante recalcar que la emergencia es un concepto que se usa en muchas otras áreas del conocimiento. Tanto filósofos como científicos usan el término "emergencia" en relación a niveles de realidad. (Manafu, 2015, pág. 39)

"La emergencia se ha descrito comúnmente representando la tendencia opuesta a la reducción. Ser un emergentista es sostener que ciertos fenómenos, formas de organización, etc., emergen a ciertos niveles, por encima de lo que se podría esperar de los constituyentes del sistema" (Scerri E. , 2007, pág. 77)

En la filosofía de la química es importante desarrollar teorías sobre la emergencia, pues es esencial para defender la autonomía ontológica de la química. El paradigma que aún prevalece establece que la química es reducible a la física. Siendo la química la ciencia más cercana a la física en ciertos sentidos, es el primer dominio fuera de la física donde se observan propiedades funcionales, así como emergencia e irreducibilidad, si es que éstas existen verdaderamente. (Manafu, 2015, págs. 46-47)

Durante el siglo XXI el éxito de la mecánica cuántica describiendo con exactitud el comportamiento de moléculas sencillas, tuvo como consecuencia la expansión de



la idea de que la química no era más que física aplicada (Dirac, 1929, pág. 714). Este éxito justifica en teoría el uso de la mecánica cuántica para modelar fenómenos químicos y predecir reactividades. Sin embargo, en la práctica química actual se siguen usando los conceptos que surgieron de manera independiente a la mecánica cuántica; un ejemplo es el concepto de orbital, que no ha sido posible reducir o explicar en términos de cálculos en mecánica cuántica, pero que tiene gran valor predictivo dentro de teorías en la química. Ante esto, Manafu reflexiona:

"Si las entidades de las que habla la química se componen de nada más que las entidades de las que habla la mecánica cuántica, ¿por qué tenemos química y no solamente mecánica cuántica aplicada?" (...) ¿La química trata sobre propiedades genuinas del mundo, que habitan un nivel ontológico distinto? ¿O más bien las propiedades y leyes químicas son solo instrumentos útiles para predecir y explicar, pero que al final del día no son verdades fundamentales sobre la naturaleza, que se mantienen en el nivel microfísico? Si la química es emergente, entonces estas preguntas podrían encontrar respuestas satisfactorias. Si se puede mostrar que en realidad hay entidades, propiedades, leyes y explicaciones químicas, entonces la autonomía ontológica de la química está asegurada." (Manafu, 2015, pág. 47)

Entre los químicos, como ya se mencionó, está asimilado el hecho de que las propiedades de los átomos “sueltos” en un elemento no son las mismas que los átomos de dicho elemento en un compuesto. Citando a Del Re: “La estructura de una molécula es distinta de los átomos que la conforman, dado que las propiedades físicas y químicas de la molécula dependen no solo de la naturaleza de estos átomos, sino de la manera en que los átomos están conectados.” (Del Re, 1998, pág. 95)

Manafu, además, considera que lo emergente “no son las entidades, sino propiedades, leyes y explicaciones”. (Manafu, 2015, págs. 53-54)



En la química, sin embargo, dado que el marco conceptual con el que surge la identidad de un objeto es precedido por las propiedades que percibimos, que son emergentes, entonces la identidad que podemos distinguir y otorgar desde nuestra realidad humana también es emergente. La emergencia es un concepto congruente con una ontología que describe la química en la que sus objetos se definen a partir de su reactividad, lo que se logra cuando los objetos ejercen sus roles eficientes. Es importante remarcar que el conocimiento químico tiene su raíz en el momento en el que el científico es capaz de observar y, además, las propiedades emergentes derivadas de las interacciones entre el científico y el mecanismo de observación pueden ser inseparables, irreducibles e inadjudicables a las partes por separado.

Con respecto a la emergencia, Manafu pide prestar atención a un tipo particular de emergencia: la funcional. En sus palabras (traducción mía): “(la emergencia funcional) comienza a partir de la observación de que muchas propiedades químicas son definidas no en función de sus estructuras microfísicas constitutivas, sino funcionalmente, en función de sus roles eficientes” (Manafu, 2015, pág. 47)

Bajo este lente, la química podría beneficiarse de enfoques que prioricen las propiedades emergentes más que la composición “real” que originaría los fenómenos (propiedades que dan identidad). Lo que nos permite construir el marco conceptual con que se desarrolla la química depende más de las propiedades perceptibles, incluyendo las emergentes, pues la percepción de dichas propiedades nos permite delimitar y clasificar objetos para darles identidad dentro de un marco conceptual.

Estas nociones se pueden representar en el siguiente diagrama. Para desarrollar conocimiento sobre la química, el científico no tiene más que las propiedades de bisagra; es a través de ellas que puede comenzar a desarrollar conceptos y a dividir la realidad en objetos con propiedades relevantes y útiles (por ejemplo, se puede



comenzar a diferenciar a las sustancias unas de otras). Estas propiedades de bisagra son función de las propiedades exhibidas por la porción de la realidad que estudia, propiedades que pueden ser emergentes.

2.6 Tiempo

2.6.1 El tiempo newtoniano en la química

Como se ha mencionado ya, históricamente en la química se ha adoptado la filosofía de la física bajo el supuesto de que la química es reducible en su totalidad a la física. El tiempo como concepto en la física ha ido evolucionando y se ha redefinido múltiples veces (Maudlin, 2014, pág. 21) mientras que en la química, por otro lado, los avances que tienen que ver con el tiempo en su mayoría tienen que ver con la cinética química, que se encarga de estudiar la evolución temporal de las reacciones químicas y los factores que influyen en dicha evolución, pero sin que esto implique profundizar en el tiempo como concepto, que simplemente se adopta de la física.

De hecho, el concepto de tiempo no suele estudiarse a profundidad en la química al menos a nivel licenciatura; más bien se dan cursos introductorios de física y, aunque no se reconozca como tal, el concepto de tiempo que se utiliza en la práctica química es el desarrollado por Newton y que surge a la par del concepto del espacio al declarar Newton las leyes del movimiento.

Para Newton, el tiempo, como el espacio, eran estructuras invisibles y constantes dentro de las cuales sucedían los fenómenos físicos:

“Newton creía en la existencia de un escenario espacial cuya estructura geométrica fuera la de E^3 , Pensaba que este espacio tridimensional infinito existe en todo momento del tiempo. Y también creía algo mucho más sutil y controversial, a saber, que *exactamente los mismos puntos del espacio* persisten a través del tiempo.” (Maudlin, 2014, pág. 33)



Newton supone que la existencia de los objetos es separable de la dimensión temporal y persiste en el tiempo, existiendo los objetos como tales sin importar durante cuánto tiempo. Newton, supone también que el tiempo puede dividirse en instantes, que son intervalos de tiempo con magnitud que tiende a cero, e incluso el tiempo mismo es definido en función de instantes, como explica Tim Maudlin:

“El tiempo newtoniano es unidimensional: una sola secuencia de instantes que forma la totalidad de la historia. Ese conjunto de instantes posee una topología que se determina por su orden en el tiempo.” (Maudlin, 2014, pág. 35)

Sin hacerlo explícito, el concepto de tiempo de Newton *requiere un observador*, ya que también se define en función de comparaciones de las magnitudes de intervalos:

“Entre cualesquiera dos instantes transcurre una cierta cantidad de tiempo absoluto, y esta cantidad se puede comparar con cualquiera otra en términos de su dimensión.

Si una cierta cantidad de tiempo transcurre entre el instante 1 y el instante 2, y una cierta cantidad de tiempo transcurre entre el instante 2 y el instante 3, existe un hecho respecto a si tales intervalos tienen la misma dimensión o no, y un hecho respecto a la proporción exacta entre los intervalos.”
(Maudlin, 2014, pág. 35)

Estos son algunos de los supuestos arraigados a la concepción espacio-temporal de Newton; se concibe el tiempo como una dimensión en la que ocurren fenómenos, pero que es separable de la existencia de los objetos. Para Newton el tiempo puede concebirse en intervalos infinitamente pequeños o grandes dado que los objetos tienen identidad como tales en intervalos de tiempo infinitamente



pequeños e infinitamente grandes. Si la realidad no depende del tiempo, de ahí se deriva que la realidad sea eterna e instantánea.

Se trata de una concepción útil de la realidad que ha resultado en un progreso impresionante en la física -y la ciencia en general-, que a su vez han tenido como consecuencia grandes avances tecnológicos. Sin embargo, se trata de una concepción realista del tiempo, en el que la realidad es una sola. Como ya se mencionó en el primer capítulo, el pragmatismo rechaza estas concepciones al requerirse la *visión del ojo de Dios*, o, en otras palabras, al ser epistemológicamente inaccesible para cualquier humano, y propone como alternativa la adopción del pluralismo ontológico.

2.6.2 El tiempo como criterio de existencia en la identidad química: una oportunidad para el pluralismo ontológico

El criterio de existencia para especies químicas, de acuerdo con la literatura, es que perduren lo suficiente como para tener evidencia de su existencia; es decir, que interactúen con un sistema de medición. (Earley, 1998, pág. 107)

En la química, la emergencia reta seriamente la concepción newtoniana del tiempo al plantear que las propiedades emergentes, función de interacciones, preceden a la identidad de la materia e incluso a cualquier concepción de la materia, por más eterna e inmutable que parezca ante la experiencia diaria. Esto resulta en que en un instante no pueden darse los procesos que dan existencia a la identidad química definida dentro de un marco ontológico pragmatista. Es decir, el instante como concepto es una extrapolación en la que un observador no podría experimentar ningún fenómeno químico dado que no podrían exhibirse propiedades emergentes dependientes de las interacciones. Los objetos químicos emergen o existen en intervalos de tiempo mayores a cero.



2.6.3 Para reflexionar: el tiempo en la filosofía de la física contemporánea

Hasta ahora se ha contrastado nuestra visión con una visión reduccionista en la física y, aunque nos ha sido útil para el propósito de este trabajo, es necesario reconocer que actualmente los filósofos de la física están a favor de una visión del tiempo en armonía con la perspectiva pluralista que aquí predomina y que, curiosamente, suele ser contrastada con una visión atomista y estática de la materia.

Lee Smolin es un filósofo de la física contemporánea que critica el paradigma de la ciencia que pretende eliminar el tiempo o considerarlo separable de la identidad de los objetos que componen la realidad, incluidos los átomos: "Esta visión disminuye el tiempo en muchas maneras. No puede haber sorpresas, ni fenómenos verdaderamente novedosos, dado que todo lo que pasa es un rearreglo de átomos. Las propiedades de los átomos mismos son atemporales, así como las leyes que los controlan; ninguna de éstas cambian". (Smolin, 2013, pág. 1)

Lee Smolin reconoce que el tiempo es una dimensión inseparable del mundo que concebimos: lo que compone nuestro mundo existe **a través del tiempo**. Nuestra experiencia se desenvuelve en la dimensión temporal: "(...) ni los individuos, sistemas o el universo como un todo pueden concebirse como cosas que simplemente existen. Todos ellos se componen de procesos que ocurren en el tiempo." (Smolin, 2013, pág. 21)

Incluso el tiempo mismo requiere de un intervalo -y no un instante- de tiempo para emerger como concepto: "el tiempo debe ser una consecuencia del cambio; sin alteraciones en el mundo no puede haber tiempo." (Smolin, 2013, pág. 20)



3. Discusión

3.1 La identidad de las sustancias químicas definida como concepto en función de sus propiedades de Gibson

Dentro de los marcos ontológicos con que estudiamos la química, las sustancias (S) emergen como porciones de realidad a través de un determinado set de propiedades (P), con las que las notamos y diferenciamos unas de otras. Estas propiedades además son propiedades de Gibson y son definidas en función de un observador.

El set de propiedades que un observador (O) percibe y asigna a una sustancia S determinada se puede representar como sigue:

$$P_s^o$$

Figura 15

El set de propiedades P está compuesto por propiedades representadas con la letra p.

$$P_s^o = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}$$

Figura 16

Sustancias distintas pueden exhibir una misma propiedad p; sin embargo, el set P es único para cada sustancia y es, de hecho, el criterio de identidad con que se diferencian las sustancias unas de otras.

$$P_g^o \neq P_c^o$$

Figura 17



Las sustancias (S) se conciben como un conjunto de n entidades (e), que pueden ser átomos o moléculas del mismo tipo:

$$S_n^o = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$$

Figura 18

3.1.1 Posibles falacias mereológicas

Falacias de división y composición

La falacia de división es un error lógico en el que se asume que lo que es cierto para un todo debe ser cierto para cada una de sus partes o, en otras palabras, que una propiedad asignada a un todo se asigne a sus partes por sí solas. Este tipo de falacia se comete al hacer afirmaciones como las siguientes “como el agua es transparente, entonces las moléculas de agua son transparentes” o “como el agua moja, entonces una molécula de agua moja”. El inverso de la falacia de la división se conoce como falacia de la composición.

En química, se asume que una sustancia como conjunto de $n+m$ entidades se comporta de la misma manera que el conjunto de n entidades:

$$S_{n+m}^o = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_{n+m}\}$$

Figura 19

Podría decirse que el conjunto de propiedades (P) de cada uno de estos sistemas es prácticamente igual:



$$P_{S_n}^o \approx P_{S_{n+m}}^o$$

Figura 20

De hecho, para un cierto intervalo bastante amplio entre n y n+m las propiedades que un observador perciba pueden ser exactamente las mismas, lo que implicaría:

$$P_{S_n}^o = P_{S_{n+m}}^o$$

Figura 21

Este suele ser el caso para prácticamente cualquier cantidad de sustancia estudiada en la práctica química y es por eso que las falacias mereológicas no han recibido atención sino hasta tiempos recientes en la filosofía de la química. Llevando esta situación al límite, podría darse el caso en el que el conjunto de n entidades exhiba propiedades distintas al conjunto de n+m propiedades:

$$P_{S_n}^o \neq P_{S_{n+m}}^o$$

Figura 22

Este caso es una de las posibles novedades que nos interesa estudiar, pues representaría un caso de falacia mereológica con posibilidad de observarse y/o simularse dado el progreso tecnológico contemporáneo. Incluso Schummer advierte al lector que los nodos de su red representan sustancias y no entidades individuales (moleculares o atómicas). En una sustancia G con entidades g, esto significaría que el conjunto de propiedades de G sería distinto del conjunto de propiedades de g, situación representada como sigue:

$$P_G^o \neq P_g^o$$

Figura 23



Esto se debería a que las propiedades emergentes que G puede exhibir, a diferencia de g, por la naturaleza de las interacciones entre las g's que componen a G.

3.2 La dimensión temporal de las propiedades emergentes

Yo lo pregunto

Niqitoa ni Nezahualcoyotl:

¿Cuix oc nelli nemohua in
tlalticpac?

An nochipa tlalticpac:

zan achica ya nican.

Tel ca chalchihuitl no xamani,
no teocuitlatl in tlapani,
no quetzalli poztequi.

An nochipa tlalticpac:

zan achica ye nican.

Yo Nezahualcóyotl lo pregunto:

¿Acaso deveras se vive con raíz en la
tierra?

No para siempre en la tierra:
sólo un poco aquí.

Aunque sea de jade se quiebra,
aunque sea de oro se rompe,
aunque sea plumaje de quetzal se
desgarra.

No para siempre en la tierra:
sólo un poco aquí.

- Nezahualcóyotl

Las propiedades emergentes emergen al haber interacciones, pero estas interacciones también incluyen las interacciones con el aparato o instrumento de medición. La medición es una propiedad de Gibson para este instrumento y, como las consideramos propiedades reales de los objetos, dado que su historia es función de lo que ocurre con éstos, hay propiedades de Gibson que no emergen sino hasta el momento en que ocurren, aunque en nuestro lenguaje esto se



traduciría a decir que solo es válido adjudicar propiedades a los objetos en el momento en que las exhiben o solo hasta que las hayan exhibido. Este tipo de interacción no es nada trivial y, de hecho, es el tipo de interacción más importante, dado que es la que nos permite, al tomar la posición de científicos, observar, concebir e incluir a los objetos en un marco ontológico.

Un hacha, por ejemplo, se define como un objeto que tenga la propiedad de cortar. Podemos imaginarnos la situación de un hacha hipotética cuyo filo esté compuesto por una especie particular de imán por el que todos los objetos que pudiera cortar se vean repelidos; siendo así, no podría cortarlos y no podríamos darle la identidad de hacha, dado que un hacha debe cortar. No se le podría dar esta identidad, aunque bien, dada su forma (una propiedad material al nivel del color o la composición material), en nuestra mente podamos imaginarnos que pudiera cortar objetos. Para que un observador pueda definir el hacha a partir de sus propiedades funcionales, debe poder tener esa propiedad de Gibson, la de cortar, que define dentro de un marco conceptual lo que es un hacha. Ahora podemos imaginarnos que el material puede cambiar pasando de repelente a no repelente en función el tiempo. Si permanece no repelente durante un lapso de tiempo que permita al observador la propiedad de Gibson de cortar, entonces se exhibe la propiedad funcional con que se otorga la identidad de hacha. En el caso de que el lapso de tiempo sea demasiado *corto en relación a la actividad de cortar*, el actor no podría observar la propiedad funcional de cortar y se encontraría sin fundamentos para darle identidad de hacha al objeto, dado que la identidad es precedida por las propiedades funcionales.

Ahora podemos pensar en el ejemplo de la rueda de colores que al girarla se ve blanca.



Figura 24

Imágenes tomadas de Youtube (Steve Spangler, Inc., 2021)

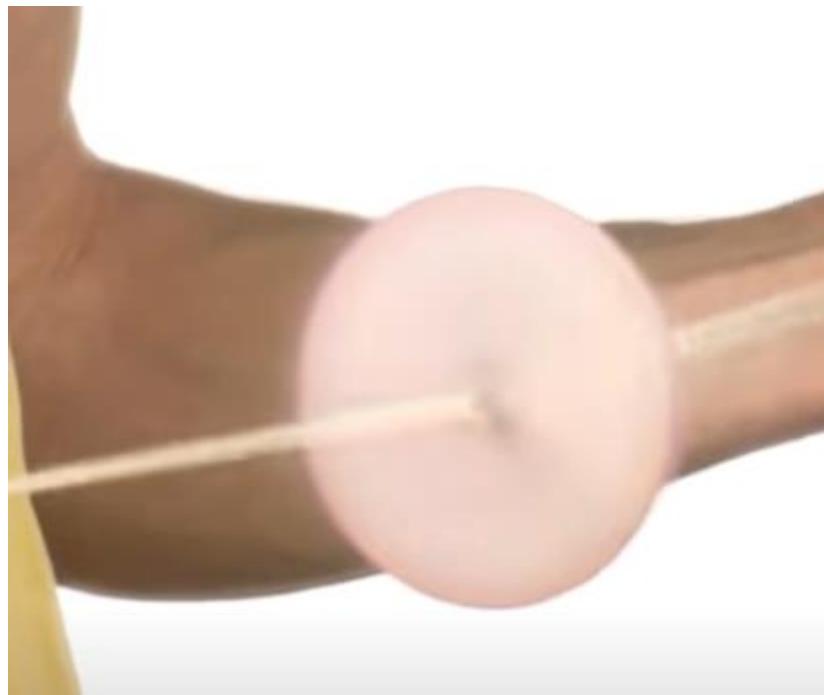


Figura 25



En este caso el color blanco se puede considerar una propiedad emergente en función del tiempo. En el caso hipotético de que la rueda se mantuviera girando eternamente y no parara, ¿sería correcto decir que es blanca o que es de colores? Quizás pudiéramos tomar una foto con suficiente resolución y se capturara la rueda con los colores divididos, pero, si esta posibilidad no existiera, podríamos decir que el color de la rueda es blanco con la misma seguridad que podríamos decir que el cielo es azul.

Este tipo de ejemplos son importantes para comenzar a imaginar la aplicación de estos cuestionamientos en la química.

3.2.1 Falacias mereológicas como función del tiempo

Además de las falacias mereológicas que surgen al ignorar la diferencia entre un conglomerado de entidades químicas y las entidades químicas por separado, también existen las falacias mereológicas en función del tiempo.

Las propiedades emergentes se exhiben en un continuo de tiempo, dado que dependen de interacciones, las cuales implican cambios, los que definen el paso del tiempo. El tiempo aquí se define en función del observador, quien percibe las propiedades emergentes con las que divide su realidad en objetos ontológicos construyendo marcos conceptuales.

En intervalos de tiempo demasiado pequeños como para que ocurran las interacciones con las cuales emergen las propiedades (emergentes, por definición) que definen la identidad de ciertas sustancias, es correcto afirmar que dichas sustancias no existen dentro de un marco ontológico adecuado.

Un ejemplo ilustrativo de la exhibición de propiedades emergentes dependientes del tiempo puede ser la ruleta de colores ya mencionada que al girarla parezca de color blanco.



De manera análoga, en lapsos de tiempo más largos, nuevas propiedades emergen y se cuenta con más criterios para definir identidades y/o diferenciarlas, si es el caso. Esto implica que, en lapsos de tiempo de magnitudes suficientemente distintas, la red química (y en consecuencia las identidades) pueden ser distintas.

Las falacias de división y composición son errores de razonamiento en las aserciones hechas sobre las propiedades de un sistema en función de la cantidad de entidades que lo componen. Sin olvidar que las propiedades dependen de un observador paraemerger, de forma análoga se puede hablar de falacias mereológicas en función de la magnitud de los intervalos de tiempo en que el observador y el sistema interactúan. Estas posibles falacias mereológicas las ilustraré a continuación.



Ambiente

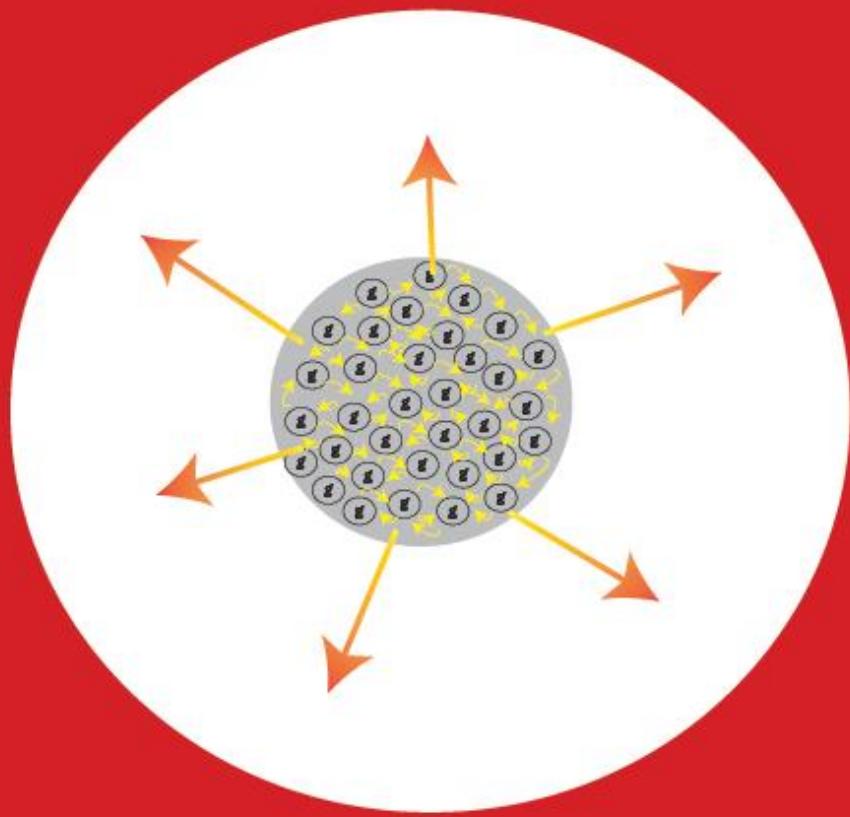


Figura 26

Las propiedades que una sustancia (G), como conjunto de entidades (g), exhibe hacia un observador pueden ser emergentes y depender de las interacciones entre sus partes (g), así como también de las interacciones entre G y el ambiente. En la Figura 6 las interacciones entre las partes de la sustancia (al “interior” de la sustancia) se representan con flechas amarillas pequeñas; las propiedades emergentes de la sustancia se representan con las flechas de punta roja hacia el exterior. Nótese que este último tipo de flechas al representar interacciones con el ambiente (propiedades emergentes exhibidas al ambiente)



también puede representar las interacciones de la sustancia con el aparato de medición.

Dado que las interacciones implican cambios y se dan en continuos de tiempo, y las propiedades emergentes, por su parte, implican múltiples interacciones podemos deducir que puede haber lapsos de tiempo tan cortos en los que ciertas interacciones no puedan ocurrir, así como lapsos de tiempo suficientemente largos como para dar lugar al surgimiento de propiedades emergentes.

El mecanismo de observación como proceso permite al observador percibir fenómenos temporalmente locales, es decir, aquellos fenómenos cuya temporalidad sea tal que se pueda dar la interacción entre el mecanismo de observación y el fenómeno a observar. Anteriormente se presentó que el criterio de existencia de sustancias químicas es su persistencia en el tiempo. Dado que el criterio de existencia de las especies químicas es el poder de exhibir sus propiedades, que son emergentes, se requiere que persistan lo suficiente para que se den las interacciones que dan lugar a ellas.

El tiempo toma sentido para un observador ante la susceptibilidad de experimentar cambios en aquello que le es posible percibir. Las barras de color mostradas enseguida representan intervalos de tiempo de diferente magnitud con respecto a un observador.

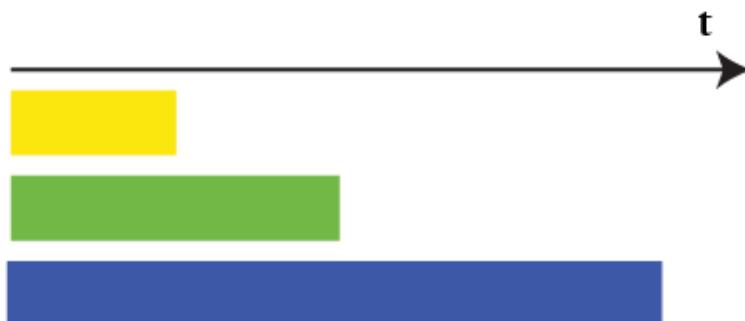


Figura 27



El intervalo de tiempo más corto, el amarillo, podría dar lugar a que G exhiba ciertas propiedades emergentes derivadas de las interacciones tanto entre sus componentes (g 's) como entre G y el ambiente (flechas con dos cabezas).

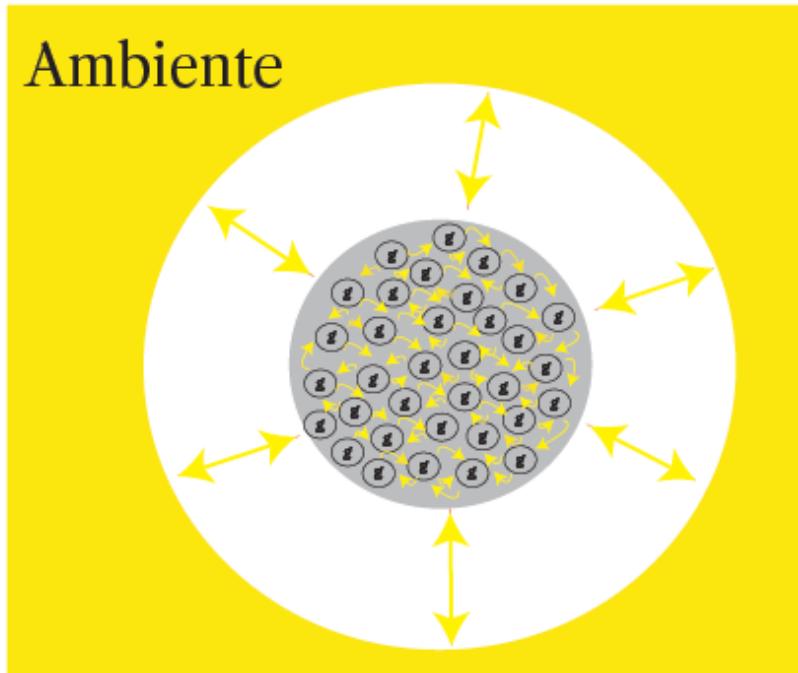


Figura 28

Un intervalo más largo, representado en verde, daría lugar a más interacciones y, en consecuencia, a nuevas propiedades emergentes, representadas con flechas verdes.

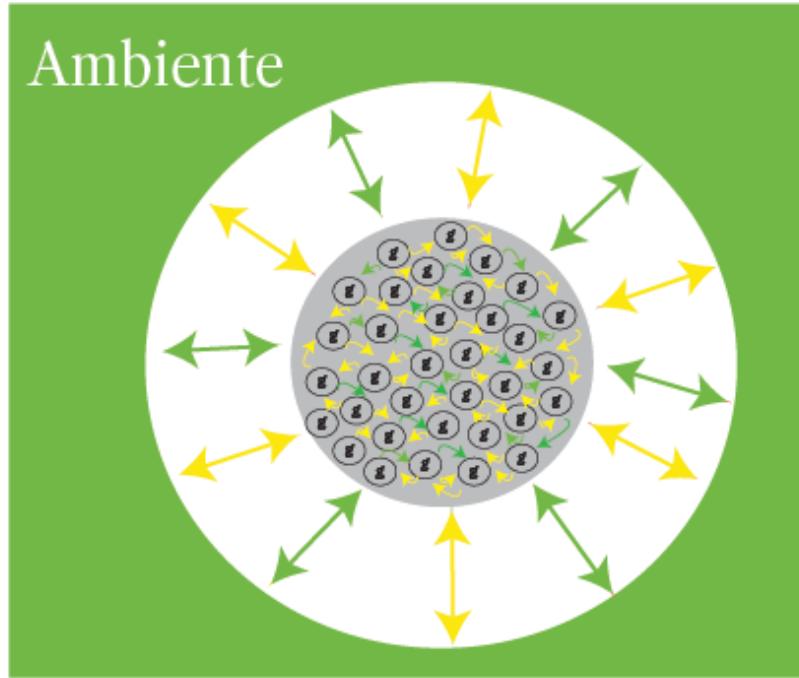


Figura 29

De la misma forma se pueden concebir más y más propiedades entre mayor sea el intervalo de tiempo y más oportunidad haya para que se den interacciones que deriven en propiedades emergentes. Si el lapso que implica el proceso de interacción dada la naturaleza del mecanismo de observación es menor que el lapso de tiempo representado el azul, las propiedades emergentes azules no serían perceptibles al observador y, al ser así, no podrían formar parte de un marco ontológico que describa la realidad química, más que de forma puramente hipotética.

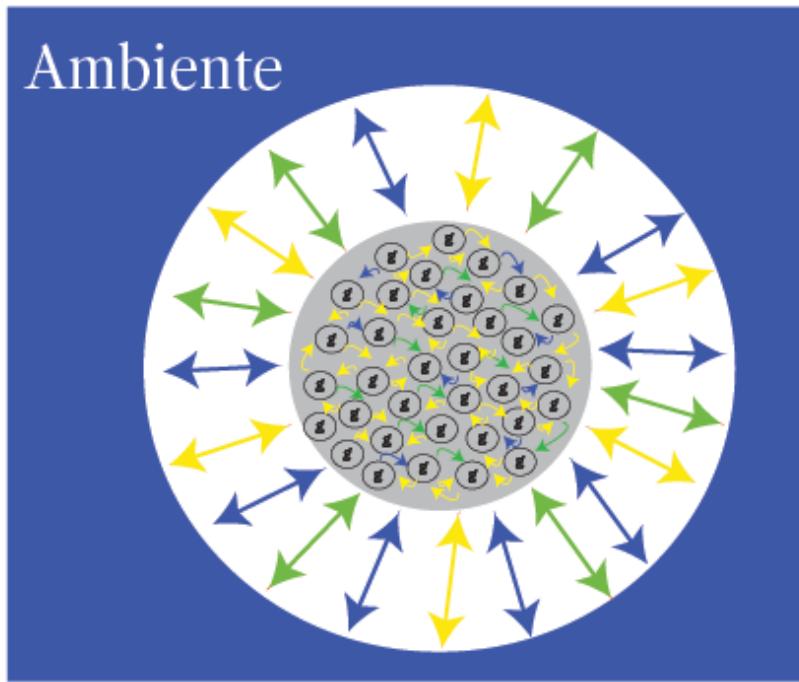


Figura 30

3.2.3 Implicaciones de las falacias mereológicas temporales en la química

En la red química de Schummer las sustancias se identifican por sus conexiones o relaciones, que también pueden interpretarse por su historia temporal. Una sustancia se genera a partir de otras sustancias que existieron antes que ella y ésta, a su vez, después reacciona y genera otras sustancias, lo que también las ubica en la red. Las reacciones químicas ocurren en intervalos de tiempo, por lo que una representación de las reacciones puede tener lugar sólo en intervalos de tiempo y no en instantes. Es decir, la química se desenvuelve en el tiempo. Otra faceta interesante de las entidades químicas es que no solo adquieren su identidad en lapsos de tiempo, sino además en dirección hacia el futuro, dado que la identidad se determina por la forma en que una sustancia reacciona.

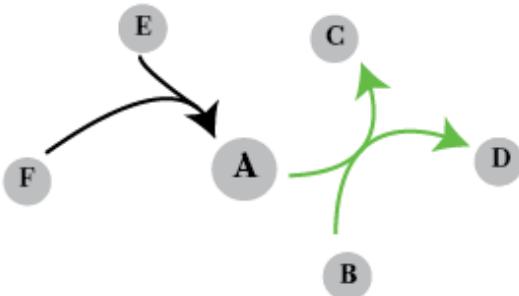


Figura 31

A puede obtenerse, por ejemplo, al reaccionar E y F; la identidad de A, sin embargo, se define por sus propiedades de Gibson (flechas en verde), es decir, sus reacciones características. La identidad de A y de cualquier sustancia química en general, se exhibe temporalmente en dirección al futuro.

Recordando que la química y sus elementos tienen lugar en la realidad dentro de marcos conceptuales definidos para un observador y que, además, las propiedades de Gibson que definen a las sustancias se exhiben dentro de la dimensión temporal, se sigue que la red química de Schummer resulte, de hecho, temporalmente local y que se puedan concebir ontologías químicas distintas, al menos mentalmente, en intervalos temporales distintos en magnitud al intervalo con el que concebimos nuestra química. En otras palabras, la red química está definida en función de la magnitud de los lapsos de tiempo en que se observen las reacciones.

Como se ilustra en el gráfico, la misma materia subyacente puede dar lugar a distintas redes químicas (sustancias con propiedades e identidades distintas) en lapsos de tiempo suficientemente distintos, como se representa aquí en azul y verde.

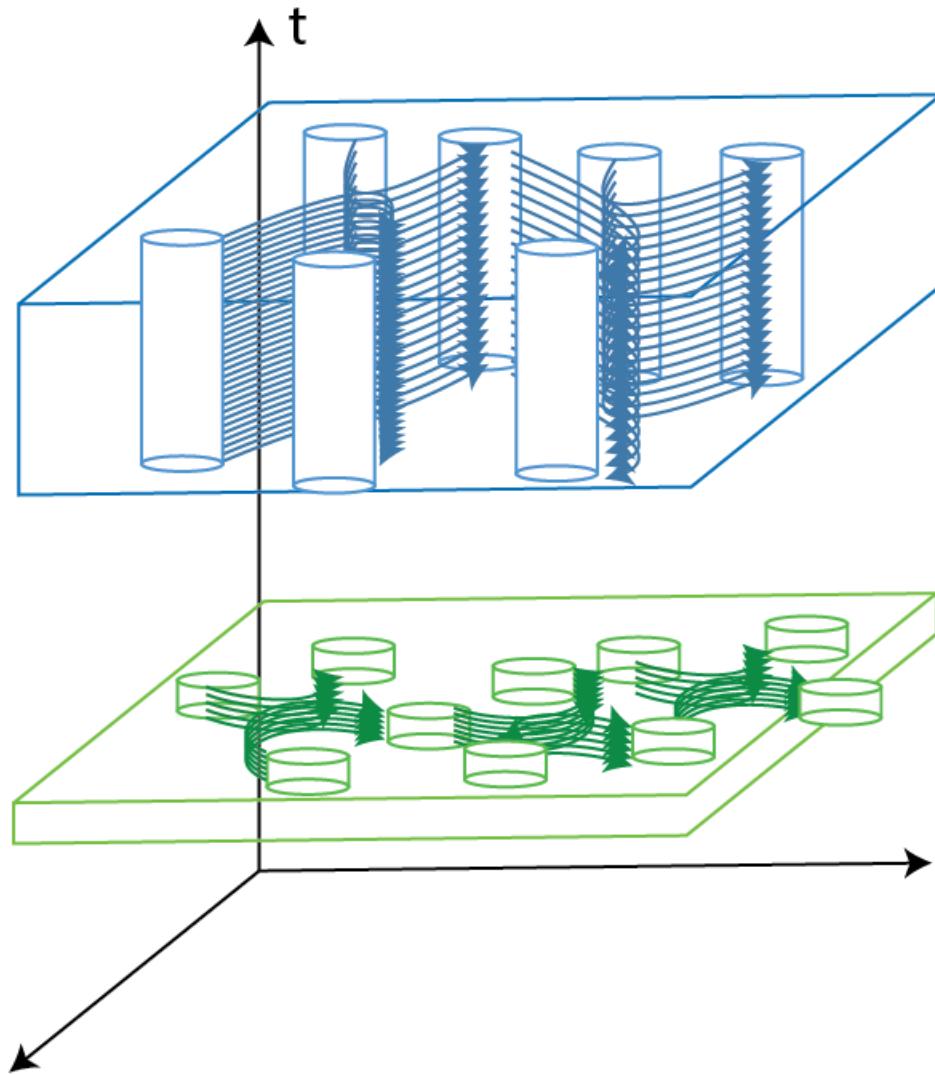


Figura 32

Esta localidad no solo es función de los intervalos de tiempo, sino de la posición o ubicación en la línea del tiempo. Es decir, las propiedades emergentes que definen a las sustancias son función de eventos que se ubican en el pasado y no sería correcto separar por completo la identidad o naturaleza de las sustancias de su historia (o pasado), aunque se debe reconocer que el hacerlo resulta práctico



al modelar fenómenos químicos y, además, comprobarlo sería una labor inaccesible en cierto para la humanidad *contemporánea*.

Gráficamente, esto podría representarse de la forma siguiente:

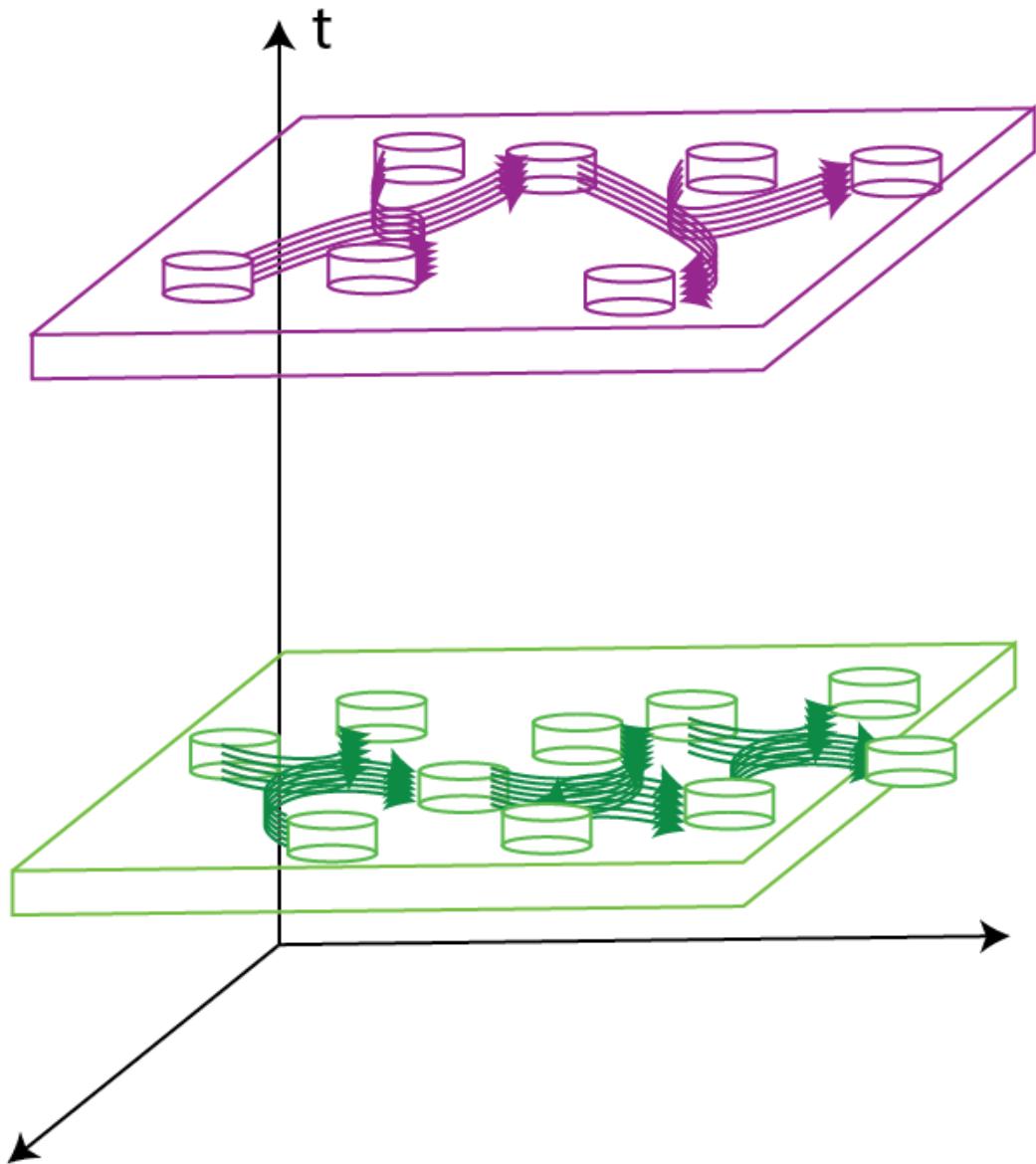


Figura 33



3.2.4 Dar oportunidad a la novedad en la química: corpuscularismo vs ontología de relaciones interiores

Corpuscularismo

El corpuscularismo implica suponer que las propiedades que las sustancias exhiben son causadas por su composición material y *atemporal*. Esta concepción resulta inconveniente cuando se descubren nuevas propiedades y se explican haciendo modificaciones a dichas estructuras, usualmente añadiendo más y más factores por considerar, lo que termina por violar el principio de la navaja de Occam.

En el siguiente diagrama tenemos una reacción química entre las sustancias C y H que resulta en la obtención de G y E. Los puntos en cuadrícula representan características atemporales e intrínsecas con las que se explica la reactividad de cada una de las sustancias. Si suponemos que las estructuras de las sustancias dependen de factores internos, entonces su composición (estructura) es tal que permite que sigan el proceso apropiado para formar G y E, proceso representado con flechas de colores (verde para C, azul para H). Continuando con la postura corpuscularista, esta estructura debe también causar los procesos por los que reaccionan con cualquier otra sustancia (los demás puntos); en otras palabras, la estructura atemporal (representada con puntos) explica *todo* su comportamiento. Como se mencionó anteriormente, esto resulta en que a mayor número de reacciones (o procesos que explicar) se consideren más y más variables, resultando en una violación a la navaja de Occam. El corpuscularismo adjudica más y más puntos a la identidad de las entidades entre más comportamientos se observen.

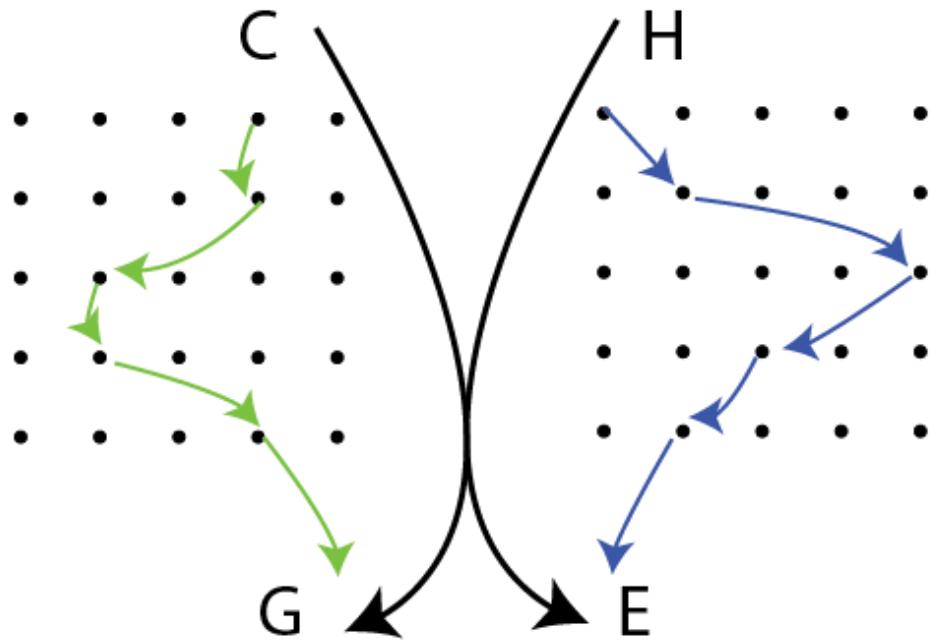


Figura 34

Ontología de relaciones interiores

La ontología de relaciones interiores, reconoce que aquello que causa el comportamiento de las sustancias no depende solo de su composición material, sino que se ve afectada por factores externos a ella, como son las relaciones con otras sustancias. **Es importante contrastar que la concepción corpuscularista implica estructuras eternas o atemporales, mientras la ontología de relaciones interiores, concibiendo la identidad en función de interacciones o relaciones, debe, en consecuencia considerar al tiempo como variable.**

Esta ontología permite reconocer que el proceso por el que C y H reaccionan para dar G y E se origina por variables que pueden no influenciar los procesos con los que C y/o H reaccionan con otras sustancias. Del mismo modo, las causas de esos otros procesos no tendrían por qué influenciar el proceso por el que C y H forman G y E, *lo que permite librarnos de la obligación de considerar dichas*



causas en este proceso y, en general, nos libra de considerar **todas las causas** (todos los puntos que representan la estructura) **en todo momento o en todos los procesos.**

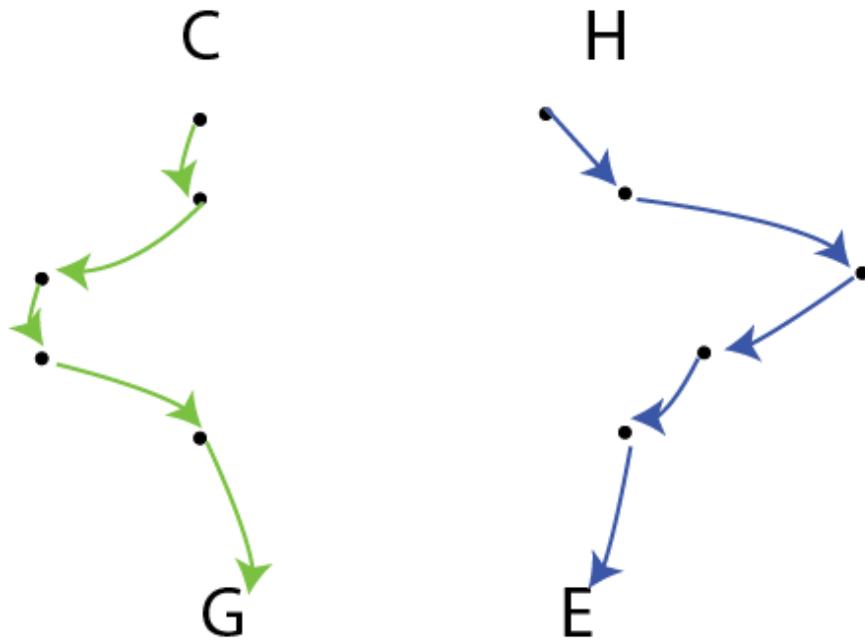


Figura 35

En conclusión, Suponer que una sustancia “es la misma” en un continuo de tiempo, que la causa de todas sus propiedades permanece en un continuo de tiempo, con el tiempo nos orilla a violar el principio de la navaja de Occam. Dicha suposición ignora el hecho de que nuevos o distintos contextos significan nuevas o distintas propiedades de Gibson, que dan lugar a nuevas o distintas propiedades emergentes. En este caso, los “puntos” que permiten la propiedad de pasar de C a G y de H a E surgen en función de las situaciones particulares o la historia (el “camino” seguido) de las entidades, lo que permite que las propiedades (e identidad) de dichas entidades se conciban en función de contextos particulares y también en función del tiempo



4. Conclusiones

En lo que concierne a la química, particularmente a la identidad química, hay varias conclusiones a las que llego con este trabajo:

- Las propiedades emergentes de las sustancias como conglomerados se derivan también de interacciones entre las entidades individuales, por lo que las propiedades de dichas entidades por sí solas o en ambientes distintos pueden ser diferentes. Schummer es cuidadoso al estructurar su red y evita cometer esta falacia estableciendo la diferencia entre las propiedades de una molécula y de la sustancia como conjunto de moléculas.
- Las propiedades químicas y, en consecuencia, la identidad química existe en un continuo de tiempo. La materia subyacente históricamente se ha concebido como eterna y conservando su identidad tanto en instantes o intervalos de tiempo infinitamente grandes; esta materia subyacente pudiera o no existir, pero las sustancias químicas como tales, con sus propiedades distintivas, emergen en el sentido de que pueden ser distinguidas e integradas en un marco conceptual que se construye en continuos de tiempo.
- La identidad química al definirse por el ambiente no se debe concebir como algo estático o inherente, sino que se puede comenzar a concebir como variable en función de los procesos en los que participan las especies. Es decir, las propiedades de Gibson (*affordances* en inglés) con que se define la identidad química varían en función de las interacciones en que se involucran, lo que en otras palabras significa que varían en función de su ambiente y del tiempo en que se exhiban.
- La identidad química y las propiedades son en realidad exhibidas localmente de forma temporal y espacial. En intervalos mucho más grandes



o pequeños a comparación de lo perceptible por la experiencia humana (extrapolando el concepto) debemos estar listos para observar fenómenos impredecibles, entre los que no se descartan posibles restructuraciones de la red química.

- La localidad temporal en la que emerge la química como nos es accesible epistemológicamente no es únicamente función extensional (de la magnitud) de los intervalos, sino también de posición en la línea temporal; las propiedades emergentes no sólo son función de lo que pueda ocurrir en el lapso de tiempo en el que las sustancias existen como tales, sino que también son función del pasado de la materia subyacente, dependiendo de las interacciones que tenemos con ella. Si las propiedades emergentes son precedidas temporalmente por ciertas interacciones, dependen entonces del pasado y, por lo tanto, si los pasados de dos sistemas son distintos, es posible que las propiedades emergentes sean distintas.
- Un marco ontológico pragmatista y dinámico da a la química la ventaja abordar estas novedades desde el pluralismo ontológico, ya sin la subordinación a la filosofía de la física.

El pragmatismo filosófico aplicado a la ciencia es sin duda una oportunidad que apenas comienza a ser explorada. Proposiciones como las anteriores se revelan tras un poco de análisis y será cuestión de tiempo determinar el alcance de sus aplicaciones prácticas en modelos computacionales.



5. Referencias y bibliografía

Bennett, M.R. & Hacker, P.M.S. (2003), *Philosophical Foundations of Neuroscience*, Oxford: Blackwell

Bernal, A. D. (2010). On the Epistemological and Ontological Status of Chemical Relations. *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 80-103.

Bernal, A. D. (2010). On the Epistemological and Ontological Status of Chemical Relations. *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 80-103.

Del Re, G. (1998). Ontological Status of Molecular Structure. *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 81-103.

Dirac, P. A. (1929). Quantum mechanics of many-electron systems. *Proc. R. Soc. Lond.*, 714-733.

Earley, J. E. (1998). Modes of Chemical Becoming. *Hyle - International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 105-115.

Earley, J. E. (2015). Pragmatism and the Philosophy of Chemistry. In E. M. Scerri, *Philosophy of Chemistry*. (pp. 73-89). Dordrecht: Springer.

Enke, C. *The Art and Science of Chemical Analysis*; Wiley: New York, 2001.

Gibson, J. J. (1974). *La percepción del mundo visual*. Buenos Aires: Infinito.

Goldstein, M. G. (1978). *How We Know*. New York: Plenum Press.

Hamilton, E; Cairns, H. (eds) (1961), *The Collected Dialogs of Plato*, Princeton University Press, Princeton.

Harré, R. (2014). New Tools for Philosophy of Chemistry. *Hyle-International Journal for Philosophy of Chemistry*, 77-91.

Labarca, M. L. (2010). Why orbitals do not exist? *Found Chem* 12, 149-157.



- Laszlo, P. (2014). Chemistry, Knowledge Through Actions? *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 93-116.
- Lombardi, O. L. (2005). The Ontological Autonomy of the Chemical World. *Foundations of Chemistry*, 125-148.
- Manafu, A. (2015). A Novel Approach to Emergence in Chemistry. In E. Scerri, *Philosophy of Chemistry* (pp. 39-55). Dordrecht: Springer.
- Maudlin, T. (2014). *Filosofía de la Física I. El espacio y el tiempo*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Maurice, D. P. (1929). Quantum mechanics of many-electron systems. *Proc. R. Soc. Lond.*, 714-733.
- Ngai, C. S. (2016). Capturing Chemical Identity Thinking. *Journal of Chemical Education*, 137-148.
- Ochiai, H. (2013). The Logical Structure of Organic Chemistry and the Empirical Adequacy of the Classical Concept of the Molecule. *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 139-160.
- Ochiai, H. (2017). Does a molecule have structure? *Foundations of Chemistry*, 197-207.
- Putnam, H. (1981), *Reason, Truth and History*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Scerri, E. (2007). The Ambiguity of Reduction. *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 67-81.
- Scerri, E. M. (2015). Introduction. In E. Scerri, *Philosophy of Chemistry* (pp. 1-4). Dordrecht: Springer.
- Schummer, J. (1998). The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach. *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 129-162.
- Schummer, J. (1998). The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach. *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 129-162.
- Schummer, J. (2004). Editorial: substances vs reactions. *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 3-4.



- Smolin, L. (2013). *Time Reborn*. New York: Houghton Mifflin Harcourt.
- Stein, R. L. (2004). Towards a Process Philosophy of Chemistry. *Hyle - An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 5-22.
- Steve Spangler, Inc. (2021, December 11). *Disappearing Color Wheel - Sick Science! #182*. Retrieved from Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=7iV1m4j2wJQ>
- Tontini, A. (2004). On the Limits of Chemical Knowledge. *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 23-46.
- Turvey, M.T. (1992), Affordances and prospective control, *Ecological Psychology*, 4(3), 173-187.
- Van Brakel, J. (2014). Philosophy of Science and Philosophy of Chemistry. *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry*, 11-57.