



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**DESARROLLO DE UN MODELO ESTRUCTURAL DE
LA REPRESENTACIÓN CIENTÍFICA POR TEORÍA
DE CATEGORÍAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICO

P R E S E N T A:

FRANCO ORLANDO FABRO HERNÁNDEZ



**DIRECTOR DE TESIS:
MTRO. LUIS AVELINO SÁNCHEZ GRAILLET**

CIUDAD DE MÉXICO, 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Luis Avelino Sánchez Graillet
VOCAL: José Ramón Orrantia Cavazos
SECRETARIO: José Benjamín Pichardo Cruz
SUPLENTE 1: Alejandra López Carrillo
SUPLENTE 2: Rolando Javier Bernal Pérez

Agradecimientos:

Estoy totalmente agradecido con mi asesor Luis Avelino Sánchez Graillet por el seguimiento que dio a mi tesis de principio a fin, incluso cuando hubo momentos en los que mi producción no fue constante. Su comprensión y apoyo fue algo imprescindible para la realización de este proyecto.

Agradezco a los sinodales asignados por haberse dado el tiempo de revisar este documento y brindarme sus observaciones que me permitieron reflexionar sobre varios puntos del presente trabajo y precisar en cuestiones de redacción.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Química por ser catalizador de mi desarrollo académico y brindarme la oportunidad de desarrollarme en el área de la filosofía que, aunque pueda parecer desvinculada de la química, es imprescindible en su concepción y contenidos.

Agradecimientos personales:

Agradezco eterna y profundamente a mis papás que han hecho todo lo posible por hacerme llegar a este punto y seguir desarrollándome como persona y profesionista. No tengo idea de qué sería de mí sin haber pasado por el camino de libertades y oportunidades que me permitieron explorar y que constituyen parte esencial de mi ser. Gracias por darme todo lo que han podido y gracias por ser siempre tan cálidos y amorosos a su manera tan particular. Estoy agradecido también con mi hermano, Fabi, con quien comparto con frecuencia pensamientos y reflexiones y quien siempre tiene un punto de vista distinto que aportar. Gracias por estar ahí para mí y aguantar estar platicando siempre profundamente sobre cosas. Es increíble el sentido del humor que tienes y es muy lindo saber que siempre puedo soltarme a carcajadas contigo, conversar de algo interesante y quiero que sepas que siempre puedes contar conmigo.

Agradezco a mi mejor amiga, Miranda, por estar siempre para mí y por su amor incondicional. Sabíamos que éramos para el otro en el momento en que nos conocimos y, a pesar de todo lo que haya pasado y la distancia, seguiremos por siempre siéndonos tan cercanos, cariñosos y devotos. Sabes lo mucho que admiro todo lo que eres y te estoy agradecido para siempre por tu comprensión, empatía y enseñanzas.

A mi mejor amigo, Hugo, que llegó para quedarse y sólo de repente descubrí lo cercano e importante que es para mí, le agradezco acompañarme por este camino que aún se diseña. Contigo jamás faltan las conversaciones profundas, la exploración de nuevas experiencias, la organicidad de convivencia y con ello sabe que me siento como en casa.

A Marlene, que se ha convertido en una de las personas más cercanas y más diferentes en mi núcleo de relaciones, agradezco el amor, calidez y aprecio que ha mostrado hacia mí en el tiempo en que la conozco. Curiosamente siento que nuestras diferencias han sido el

cimiento de nuestra amistad y quiero que sepas lo importante que eres para mí. Agradezco todo lo que hemos compartido y espero que podamos seguir conviviendo por mucho más tiempo.

Agradezco a David, siempre con sus formas tan interesantes de conceptualizar, organizar y observar al mundo, que me ha aguantado ya a lo largo de prácticamente toda la licenciatura y que ha visto de cerca mi crecimiento en varios momentos siendo siempre la sensatez que me ha faltado. Davidsillo, aprecio que sigamos siendo amigos y espero que ese vínculo sólo se refuerce con el tiempo.

Agradezco a los amores que jamás se pierden y me han permitido desarrollar mi sentir, apreciación y fortaleza. Soy por siempre suyo en el laberinto de recuerdos y colores. Matices de mi vida.

Dios que eres espejo oscuro en busca de tu luz de encuentro,

ya sabes tú que tuyos son mis hálitos y letras por siempre.

Eres principio, laberinto y fin. Todo es en ti. Todo eres tú.

Donde la verdad, el recuerdo y el misterio convergen.

Trasciende la intuición de manera infinita.

Amor.

Tabla de contenidos

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción..... | 6 |
| 2. Representación científica y el acto de representar..... | 13 |
| 3. Influencia del contexto de descubrimiento en la representación científica..... | 26 |
| 4. Tipos de modelos de la representación científica..... | 30 |
| 5. Implicaciones y justificación del modelo por teoría de categorías..... | 41 |
| 6. Modelaje por teoría de categorías de la representación científica..... | 53 |
| 7. Aplicación del modelo en el desarrollo histórico del concepto “substancia química”..... | 58 |
| 8. Conclusiones y recomendaciones..... | 67 |
| Referencias..... | 72 |

1. Introducción

En la química, así como en la ciencia en general, suele prestarse atención a la ampliación, corrección y corroboración del entramado conceptual que se desarrolla en su seno y gran parte del contenido desarrollado llega a consolidarse a tal grado que las discusiones acerca de lo que ocurre en el mundo asumen la existencia de entidades, fenómenos o conceptos que fueron desarrollados por científicos. De esta manera, la forma de percibir el mundo se reconstruye a partir de la ampliación de dicho universo conceptual y resulta de interés la comprensión de este fenómeno, conque se pueden elucidar los factores involucrados en el devenir del entramado conceptual y dar cuenta de la construcción del mundo desde la representación científica.

Lo anterior resulta de interés tanto a científicos como a filósofos, pues al ampliar el conocimiento que se tiene sobre el fenómeno de desarrollo del universo conceptual se desvelan aspectos fundamentales de las ciencias y esto permite desentrañar este aspecto esencial de la misma.

Tomando en consideración lo anterior, en esta tesis brindo una propuesta estructural acerca del desarrollo de las representaciones científicas mediante el uso de la teoría matemática de categorías que incorpore los aspectos involucrados en el acto de representar en ciencia empleando como fundamento epistémico el *magnum opus* de Arthur Schopenhauer “*El mundo como voluntad y representación*”.

Mi abordaje posee las siguientes características que encauzan el contenido de la tesis:

- Primero, tomo el idealismo trascendental de Schopenhauer como plantilla. De acuerdo con él todo el mundo es voluntad y representación. Es voluntad de forma similar al *noúmeno* kantiano, es decir, como *en sí* e inaccesible para la sensibilidad y el conocimiento. Y es representación debido a que, el mundo como

voluntad (correlato objetivo) junto con un sujeto cognoscente que posee entendimiento y razón —formas de cognición *a priori* (correlato subjetivo)— permiten que el mundo tenga sentido para el conocimiento. Esto se explica con mayor detalle en el capítulo 2.

- La formalización mereológica de la representación científica es la razón principal por la que este proyecto adopta una forma analítica que sea compatible con el lenguaje de la mereología por medio de la inclusión de una herramienta matemática (teoría de categorías) para su elaboración. Esto se expone brevemente en las páginas siguientes de este capítulo.
- El acervo de representaciones científicas se encuentra en constante cambio. Lo que hace unos años brindaba una explicación valedera y aceptada en la ciencia ya no tiene la misma validez. Por ello, mi proyecto debe considerar estos cambios.
- El conocimiento científico se forma a través del consenso de la comunidad científica e implica el reconocimiento de algún determinado acervo de representaciones. Este tema no lo exploro a profundidad en la tesis debido a que me enfoco en lo que ocurre a nivel individual.
- Una postura metafísica como el idealismo trascendental puede resultar *prima facie* incompatible con una imagen del mundo científico en el que incluso se interviene y representa para adquirir una mejor comprensión del mismo. Con esto en mente, opto por mantener el idealismo trascendental sólo como explicación del origen del conocimiento. Posterior a la representación primigenia del mundo se crean “nuevos mundos” en procesos cíclicos que describo a detalle en el capítulo 5. Estos nuevos mundos tienen la característica de ya ser “mundos” para el conocimiento, aún

mundos como representación, y de irse modificando conforme a las variaciones que tomen lugar en el universo de representaciones del sujeto representante. De esta manera el mundo científico es ahora cognoscible mas no en un sentido de descubrimiento, sino de construcción y puede alterarse al paso del tiempo con la modificación del universo de representaciones. El sujeto mediante la representación construye mundos.

Desde el atomismo de Leucipo -adoptado por Lucrecio en su *Rerum Natura*-, pasando por la filosofía corpuscularista de Boyle, hasta la concepción ontológica impregnada en la intuición actual del químico; la noción de entidades constituyentes como “bloque de construcción” de la realidad es ampliamente aceptada y constituye una importante herramienta explicativa y didáctica en el intricado armazón epistemológico de la química. Asumir la existencia de entidades constituyentes insinúa un ordenamiento material en el que el concepto de “parte” se muestra no solamente apropiado, sino también como esencial a la estructura propia de o impuesta a la materia

El concepto de “parte” es extremadamente básico y carece de alguna interpretación generalizada por lo que se le puede dar usos muy diversos (Varzi, 2019):

1. El asa es parte de la taza.
2. El control remoto es parte del sistema estéreo.
3. La mitad izquierda es tu parte del pastel.
4. La cuchillería es parte de la vajilla.
5. Los contenidos de esta bolsa son sólo parte de lo que compré.
6. Esa área es parte de la sala de estar.
7. Los puntos más externos son parte del perímetro.

8. El primer acto fue la mejor parte de la obra

En 1. la parte de la que se habla está unida al resto, a diferencia de 2. donde la parte está separada del resto; puede ser cognitiva o funcionalmente saliente como en 1. y 2., o arbitrariamente demarcada como en 3.; puede estar conectada (1. – 3.), o desconectada 4.; homogéneas o apropiadas para aquello de lo que forman parte (*well-matched*) como en (1. – 4.), o de límites impuestos (*gerrymandered*¹) 5.; material como en (1. – 5.), o inmaterial como en 6.; con extensión (1. – 6.), o sin extensión (7.); espacial (1. – 7.), o temporal como en 8.

De tal suerte que suponer que la interpretación de parte es única o bien delimitada resulta en extremo complicado y en más de una ocasión resulta conveniente ajustarla al sistema de estudio. No obstante, se han identificado algunas nociones básicas de las relaciones de partidad que se asumen como características y sugieren que dicha relación es un orden parcial.

La *mereología* es el estudio formal de las relaciones de partidad y a la construcción lógica de un sistema que aborde un dominio de discurso sobre el cual existan relaciones de partidad se le llama *sistema mereológico*. Peter Simons en su libro *Parts: A Study in Ontology* abunda sobre los requisitos que contempla un sistema mereológico y muestra que no son suficientes las propiedades de un orden parcial para constituir una mereología. En consecuencia, el desarrollo de un lenguaje mereológico que se ajuste a un sistema particular, incluso prescindiendo de las formalidades con que se suelen cimentar, requiere

¹ El “gerrymandering” es una manipulación del contexto con el objetivo de adecuarse a un efecto determinado. En el ejemplo, la definición de parte es establecida en términos de lo que el sujeto de la oración compró, es decir, la noción de parte adquiere posterior a realizar la compra y es determinado por el sujeto.

un importante conocimiento de los presupuestos ontológicos del sistema con el fin de formar el lenguaje formal pertinente que lo describa.

Como expongo con anterioridad, la mereología resulta ser entonces una excelente herramienta de estudio acerca de la forma en que las entidades químicas se ordenan pues el discurso químico está repleto de expresiones que implican estas relaciones de partidaridad (Harré, 2011) (e.g. el átomo de hidrógeno es parte de la molécula de agua, los orbitales son parte de un átomo, los enlaces metálicos son parte de una muestra macroscópica de oro, etc.). Se ha propuesto ya el uso de la mereología clásica extensional (Needham, 2003) aplicada a las entidades macroscópicas — pues, de acuerdo con el autor — éstas resultan primordiales en el concepto de “sustancia química” que asume como fundamentalmente macroscópico debido al desarrollo histórico del concepto y, de hecho, en otros textos suyos (Needham, 2010; Needham, 2012) recurre al concepto de *fase* como uno de carácter aún más fundamental que el de sustancia para explorar su propuesta mereológica, sin embargo este ha sido objeto de cambios en su concepción debido a la inclusión de nuevas entidades en la química (van Brakel, 2012). Por otro lado, se ha explorado la construcción de sistemas mereológicos para entidades invisibles al ojo humano como los átomos y las moléculas (Sukumar, 2013; Harré, 2013) y se evidencia que no basta con una mereología extensional clásica para la construcción de un lenguaje de este tipo que englobe a todas las entidades que actualmente se considera forman parte del universo ontológico en química.

Es evidente que la tarea de adecuar un lenguaje mereológico a la totalidad de entidades ontológicas en química requería de un análisis exhaustivo de las alternativas de tratamiento y de las complicaciones epistemológicas-ontológicas que conlleve su planteamiento y permanece como una interesante —empero laboriosa— empresa de invaluable contribución a la filosofía de la química y la mereología, de ser siquiera posible su desarrollo.

En consecuencia, en la presente tesis cambio el enfoque desde el realismo científico ingenuo que sólo asume una realidad externa al sujeto cognoscente a uno que vire hacia la importancia de la representación científica con la finalidad de brindar una postura mereológica que logre adecuarse a la dinámica científica y con ello aportar al conocimiento que se tiene sobre cómo la comunidad científica interactúa y representa al mundo.

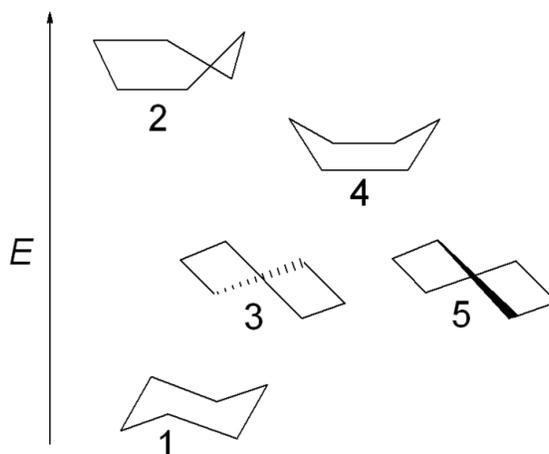
Con esto en mente, la presente tesis se constituye de ocho capítulos en cuyo desarrollo se cristaliza una formalización de la representación científica compatible con el formalismo de la mereología:

- El capítulo 1 es la presente introducción en la que expreso los objetivos de la tesis, el estado del arte y la necesidad del presente trabajo
- En el capítulo 2 expongo las hipótesis tomadas de la obra de Schopenhauer justificando el enfoque representacional en lugar de alguna de las variantes realista que ha caracterizado a la química en su desarrollo.
- En el tercer capítulo expando el contenido del anterior esclareciendo cómo se representa en una comunidad científica y la influencia del carácter social de la ciencia sobre el desarrollo de su universo de representaciones.
- El capítulo 4 presenta algunas formas en que se ha modelado ya a la representación científica e indico, de acuerdo con ellas, qué características posee el modelo que construyo en la tesis.
- El quinto capítulo es un desglose del contenido conceptual del modelo presentado en el capítulo 5 justificando el formalismo empleado y abundando en el significado del mismo.

- En el capítulo 6 desarrollo el modelo estructural por teoría de categorías de la representación científica introduciendo algunos nuevos conceptos.
- El capítulo 7 corresponde a la aplicación del modelo por teoría de categorías a la revolución conceptual ocurrida en la revolución química del siglo XVIII encabezada por Lavoisier
- Finalmente, en el capítulo 8 muestro las conclusiones a las que llego tras la construcción del modelo por teoría de categorías, así como el campo de investigación abierto por el mismo.

2. Representación científica y el acto de representar

La representación² científica es, en términos prácticos, una entidad que funge de sustituto de algún fenómeno u otra entidad presuntamente encontrada en la realidad y que además permite hacer inferencias acerca del fenómeno o entidad sustituido. En química, se cuentan con innumerables entidades de este tipo: dibujos de estructuras moleculares, teorías de enlace químico, espectros de resonancia, diagramas de fases, conceptos como: electronegatividad, polarizabilidad, resonancia, etc., por mencionar algunos pocos. Todas ellas pretenden dar fe de aquello que sustituyen, tal como el dibujo de una molécula de ciclohexano en su forma de silla o en cualquier otra de sus representaciones conformacionales intenta imitar la molécula real y, de hecho, comprende aspectos importantes relacionados con la hibridación de los átomos de carbono dentro de la misma, minimización de la energía de la molécula por carencia/presencia de tensiones torsionales o estéricas y diferencias en reactividad y estabilidad.



² Se presentan dos acepciones del término *representación* en el transcurso de esta tesis. La primera a la que hago referencia al principio de este capítulo es como una entidad cuya función es fungir de sustituto de algún insumo del mundo; la segunda, como un acto que involucra dos correlatos: subjetivo y objetivo (Esto lo tomo de la obra de Schopenhauer). Empleo “representación (acto)” para referirme a la noción que tomo de Schopenhauer y “representación (entidad)” para referirme a la primera acepción en caso de que requiera ser indicado con motivos de claridad.

Imagen 1. Confórmeros de ciclohexano en términos de su estabilidad energética (la forma de silla es la más estable con menor energía)

Así, al comparar entre dos de estos confórmeros el químico puede hacer inferencias acerca de la molécula y eso tendrá implicaciones en cuestiones tan diversas como la inestabilidad debida a átomos eclipsados o incluso diferencias en términos de vibraciones de enlaces observadas en un espectro de infrarrojo, ambas justificadas por un sencillo dibujo. A este proceso de hacer conclusiones acerca de lo que hay en el mundo a partir de las herramientas que se usan para representarlo se le llama *pensamiento surrogativo*.

Ahora bien, hasta el momento se ha supuesto real la entidad que dichos dibujos pretenden representar, pero es un proceso un tanto complejo tratar como real un objeto tal (como una molécula) cuya existencia es definida y justificada partiendo del operacionalismo esencial a la química según el cual por medio de experimentos y observación de fenómenos se asigna posteriormente una entidad que explique lo experimentado. Evidentemente, esto da a luz a una de las principales cuestiones que aborda la teoría de la subdeterminación de una teoría científica: ¿No pudo haber sido alguna otra cosa que no fueran moléculas las que explican dichos fenómenos?, o en términos más formales, ¿alguna otra teoría o entidad no hubiera sido confirmada por el mismo cuerpo de evidencia?

La respuesta corta es “sí”, pero eso no es suficiente para tirar toda una escuela de pensamiento que lleva ya siglos de desarrollo. Entonces, si la adquisición de teorías y entidades está subdeterminada³ por la evidencia y esta obtención de conocimiento parece ser contingente, me resulta extremadamente importante virar de nuevo al estudio de la representación con su eterno dinamismo que, a diferencia de las entidades ontológicas

³ La subdeterminación científica parte de la noción básica según la cual un cuerpo de evidencia resulta insuficiente para determinar qué creencias han de sostenerse a partir del mismo.

(actualmente) inamovibles, resultan incluso más fundamental en el desarrollo de una disciplina científica.

Reitero que este enfoque está motivado por la presencia de entidades que son partes de otras (entidades mereológicas) y que se encuentran extensamente en la química, pero dado que este abordaje ubica en un grado de importancia incluso superior a la representación de las mismas, dedico este estudio al planteamiento de un modelo estructural de la representación compatible con el universo conceptual de la química y la dinámica científica.

*“Die Welt ist meine Vorstellung”
Arthur Schopenhauer*

“El mundo es mi representación” es una de las frases con las que el filósofo alemán y gran deudor a Kant comienza su *magnum opus* “*Die Welt als Wille und Vorstellung*”, traducido como “*El mundo como voluntad y representación*”. Esta frase es lema de la primera mitad de su obra y tiene una fuerte implicación acerca de la interacción entre un individuo y las cosas que hay en el mundo, y es que este último es siempre representación para el primero. Básicamente, la representación (acto) está, en sus términos, compuesta de dos correlatos inseparables: *sujeto* y *objeto*, y sin ellos ningún tipo de representación (acto o entidad) es posible. Una de las más fuertes consecuencias de ello es que todo lo que existe para el conocimiento es en última instancia “representación”.

El objeto es aquello que se manifiesta en el espacio-tiempo, es decir, *materia*.

El sujeto no se halla en el espacio-tiempo, sino que está entero e indiviso en cada uno de los seres representantes, y, por tanto, uno sólo completa el mundo como representación. De no estarlo, desaparece consigo el mundo como representación (acto).

Schopenhauer distingue además entre dos tipos de representación: *intuitiva* y *abstracta*.

La intuitiva abarca todo el mundo sensible, o el conjunto de la experiencia, junto con sus condiciones de posibilidad y su primera concepción en el sujeto. La *ley de la causalidad* es la condición de posibilidad objetiva (entiéndase por “objetiva” referente al objeto) de este tipo de representación, es decir, el ser en tiempo y espacio (ser materia). Mientras que el correlato subjetivo es el *entendimiento*, encargado exclusivamente de identificar relaciones causales. La *intuición* es por ello intelectual, dado que es conocimiento puro de la causa a partir del efecto por parte del entendimiento. Esto es importante pues toda experiencia sensible supone ya la ley de causalidad y sin ella no habría contenido para el entendimiento. La abstracta se refiere al contenido del entendimiento transformado en *juicios* que se depositan en la *razón*. Además, toda representación abstracta en última instancia remite a una representación intuitiva pues es la primera que da conocimiento sobre la materia.

De ahí que sea el entendimiento a la intuición como la razón a la abstracción.

Me sirvo ahora de unas importantes declaraciones que hace Schopenhauer acerca de la razón y el entendimiento y su correcto uso:

“Lo conocido correctamente mediante la razón se llama *verdad*, es decir, un juicio abstracto con razón suficiente. A la verdad se opone el *error* como engaño de la razón. Lo conocido correctamente por medio del entendimiento es la *realidad*, es decir, el tránsito correcto del efecto en el objeto inmediato a su causa. A la realidad se opone la *ilusión* como engaño del entendimiento.” - Arthur Schopenhauer (El mundo como voluntad y representación)

De acuerdo con el artículo de Brandon Boesch de la Stanford Encyclopedia of Philosophy titulado *Scientific Representation* (Representación científica), si algo puede ser considerado

representación científica debe primero responder a la pregunta “¿qué convierte a algo en una representación científica de otra cosa?”

Se suele modelar ese problema mediante el uso del siguiente esquema:

S es representación científica de T sii⁴ ____

Donde S es la entidad que cumple la función de representar y T es el “sistema objetivo” o el correlato representado.

Inmediatamente resulta un tanto difusa la forma de emplear la teoría del mundo como representación para referirse a esta acepción de “representación”, mas un sucinto tratamiento de los incisos expuestos arroja luz sobre este concepto y muestra cómo es constreñido. Para ello es sencillo emplear algunos ejemplos de representaciones científicas, *e.g.* un diagrama de orbitales moleculares, una red de Bravais, la ecuación del gas ideal, el concepto de “grupo funcional”, un gráfico de energía potencial en función de la distancia internuclear en una molécula diatómica, entre otros. Estos ejemplos exponen la gran variedad de formas de representar en ciencia: desde un simple dibujo hasta una ecuación compleja.

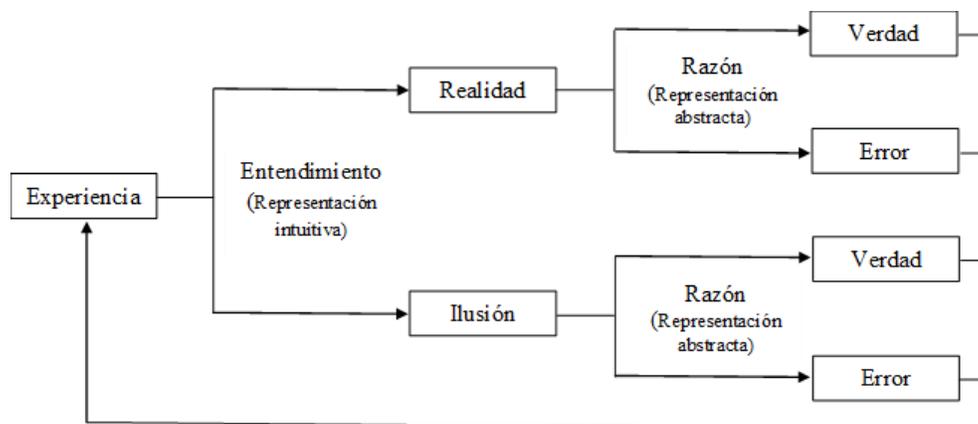
Pero, ¿qué tienen en común todas ellas?, pues, en primer lugar, fungen como sustituto de algo que se encuentra en la realidad y, en segundo, permiten hacer inferencias acerca de aquello que sustituyen. Es importante notar que el concepto de realidad es aquí tomado según el tercer inciso declaratorio sobre el entendimiento que me permito repetir: lo conocido correctamente por medio del entendimiento es la realidad, es decir, el tránsito correcto del efecto en el objeto inmediato a su causa, donde aquí el objeto inmediato se refiere al cuerpo pues éste es inmediatamente conocido al ser la puerta a la experiencia

⁴ “Sii” es una abreviatura de “sí y sólo sí”.

haciendo posible la intuición y al ser simultáneamente sabido por el entendimiento como materia, o sea, objeto que es en el espacio-tiempo sujeto a la ley de causalidad.

Así pues, si el cuerpo es condición de posibilidad de la experiencia cuyas relaciones causales son sabidas en forma de representaciones intuitivas por el entendimiento y reconociendo la falibilidad del entendimiento como ilusión, así como la de la razón como error, es completamente plausible que cualquier tipo de representación compleja, es decir, producto de la abstracción conceptual, no funja satisfactoriamente como sustituto de la experiencia inicial en cuestión. Aunado a ello, observo que en ocasiones son las mismas representaciones científicas, producto final de la razón, las que corrompen⁵ la alguna vez primitiva y pura experiencia sensorial que sirve (posteriormente) de contenido para la adquisición de conocimiento intuitivo en el entendimiento y sobre la cual se vuelven a formar nuevas representaciones abstractas en la razón. Por ende, la existencia de representaciones complejas tuvo como eslabón principal la primera experiencia, pero fueron posteriormente pervertidas tanto por el entendimiento como por la razón al haber sido la interacción con el mundo condicionada por el contenido de la razón. No obstante, esto no resta credibilidad a la existencia de dichas representaciones que son parte fundamental del desarrollo de las ciencias, por lo cual dedico los siguientes párrafos a la justificación de su relevancia y existencia. Me apoyo del siguiente diagrama que describe mi interpretación del proceso de adquisición de representaciones abstractas según lo anteriormente mencionado:

⁵ Esto solamente significa que la razón al introducir nuevos tipos de representaciones abstractas condiciona la nueva experiencia al estar dotado el sujeto del contenido de sus representaciones.



Esquema 1. Modelo del proceso de adquisición de representaciones abstractas.

Me resulta complicado asegurar que el entendimiento cumple correctamente su función y, sin profundizar en las razones por las que éste podría fallar, la ilusión es inescapable sin tener parámetros que aseguren su correcto funcionamiento. No sólo esto, sino que, aun cuando el entendimiento da paso a la realidad ésta puede ser tergiversada por la razón cayendo en el error. Por consiguiente, una representación abstracta puede no ser siempre fiel sustituto de la realidad si lo que le precede es ilusión e incluso la misma pudo haber sido obtenida por un incorrecto uso de la razón; no obstante, son todas estas representaciones con las que convivimos todos los días y a las que en su mayoría se les da un peso significativo.

La historia de la química cuenta con un caso que ejemplifica esto a la perfección, la primera revolución química⁶ en la que Lavoisier cambió por completo esta disciplina mediante la introducción de matemáticas. Además de ello, contendió al paradigma reinante que suponía la existencia de una entidad llamada flogisto que explicaba el fenómeno de la combustión y fue sustituida por otra entidad actualmente reconocida llamada oxígeno. En ambos casos, el entendimiento fue el primero en conocer de manera intuitiva las relaciones causales (en el

⁶ Aparte de ésta ha habido al menos cuatro revoluciones químicas posteriores marcadas por acontecimientos trascendentales en el desarrollo histórico de la química (Chamizo, 2018)

mundo) percibidas directamente por el cuerpo como objeto inmediato. Aunque, al percibir distintas cosas acerca del contenido del mundo, Lavoisier y los partidarios del flogisto dilucidaban relaciones causales diferentes las cuales fueron posteriormente enunciadas en teorías distintas; es decir, no solamente era cuestión de observar, sino saber qué observar. Este fenómeno es consecuencia de la forma en que el sujeto experimenta el contenido del mundo y lo anterior está a merced de la forma en que se ha condicionado su experiencia (su interacción directa con el mundo) por el contenido conceptual que ha adquirido, mas esto no implica que la teoría relegada declara un aspecto incorrecto o desapegado de la realidad, sino posiblemente de una realidad distinta, pues ambas fueron útiles en su momento para llevar tanto a avances tecnológicos como metodológicos en la ciencia, así vislumbrándose un pluralismo ontoepistémico⁷.

Consecuentemente, la razón transforma la intuición de leyes de causalidad percibidas por el sensorio en representación abstracta y, si de momento se acepta que lo percibido es intuitivo demarcando una realidad diferente evadiendo la ilusión, puede plantearse que lo mismo ocurra con la aplicación de la razón dando pie al surgimiento de verdades diversas. Así, en esta interpretación de Schopenhauer, la ilusión y el error dejan de ser el talón de Aquiles de la empresa científica y son ahora una fundamental condición de posibilidad, pues da así sentido a cualquier tipo de representación científica.

Para aclarar lo anterior me sirvo de la exposición de un ejemplo vigente acerca de algunas formas de representar moléculas diatómicas:

⁷ La razón por la que mi proyecto es compatible con un pluralismo ontoepistémico parte del hecho de que todo individuo se encuentra constantemente representando al mundo y es completamente plausible que posean representaciones distintas de él. Aquí la motivación pluralista parte de las instancias putativas de representaciones (entidad) con las que contamos y que son empleadas para cumplir distintas *funciones*. Esta noción teleológica va de la mano con la justificación de que toda intuición sea real y que todo concepto sea verdadero.

Las moléculas diatómicas pueden ser representadas de formas diversas tales como: mapas de regiones de densidad electrónica, representaciones pictóricas, representaciones escritas del tipo “XY”, diagramas de orbitales moleculares, y hasta la misma palabra utilizada para referirse a la molécula en cuestión, por mencionar sólo algunas de ellas. Cada una, aparentemente, hace referencia siempre a la misma entidad que es la “molécula”, pero transmite aspectos distintos de ella, es decir, se aproximan (a ella) desde diferentes perspectivas siendo verdades de realidades distintas por la función que se le dé al término.

Y, ¿cómo es que puede una realidad determinada constreñir el tipo de representaciones que de ella surjan? Mediante la intuición primaria del mundo, es decir, por la aceptación de un conjunto determinado de relaciones causales que dotan de sentido a la realidad intuida a partir de ellas, así cualquier representación que pretenda dar cuenta de esa realidad debe corresponder con las relaciones causales que permitieron su concepción. Mas aún, cuando la representación corresponde a la realidad que describe, expande las posibilidades de percepción posteriores y define nuevas leyes causales y consigo nuevas realidades, aunque su origen epistémico (primera intuición) no sea trazable.

Por lo tanto, al adoptar la ciencia este tipo de pluralismo ontológico y epistémico, se alimenta de representaciones diversas que se justifican entre sí sugiriendo un sistema coherentista⁸ e impidiendo la posibilidad de ser evaluadas por sí mismas dado que son sostenidas por otras, solucionándose así los dos principales problemas de la subdeterminación de teorías científicas (Stanford, 2017):

1. Problema de la subdeterminación holista (también denominada “tesis de Duhem-Quine”): la incapacidad de probar hipótesis en aislamiento nos deja

⁸ La teoría coherentista de la justificación, también denominada coherentismo, sostiene que una creencia o un conjunto de ellas está justificada por formar un sistema en el que dichas creencias se sostienen entre sí (Olsson, 2021).

subdeterminados en nuestra *respuesta* a una predicción fallida o a cualquier otra pieza de evidencia que desconfirme la hipótesis. Se puede culpar a alguna de las hipótesis o teorías que la anteceden mas no puede asegurarse cuál es la responsable.

2. Problema de la subdeterminación contrastivo: para cualquier cuerpo de evidencia confirmando una teoría, bien puede haber otras teorías que confirmen correctamente aquel cuerpo de evidencia.

Se soluciona el primer problema, pues cualquier tipo de representación científica más que dejarnos subdeterminados en nuestra respuesta a una predicción fallida o cuerpo de evidencia que la desconfirme, es en su lugar representación verdadera de una realidad distinta a la que se requiere confirmar, entonces solamente se debe trabajar en la modificación del universo de representaciones que se sostienen entre sí para dar sentido a la nueva realidad. Asimismo, el segundo problema queda resuelto pues una teoría diferente que pueda confirmar el mismo cuerpo de evidencia se sigue de diferencias del entendimiento sobre la materia (entendida como principio de causalidad), o sea, de la adquisición de intuiciones diferentes que demarquen realidades distintas; en otras palabras, no es que haya otras teorías que confirmen el mismo cuerpo de evidencia sino que cada una de ellas supone una realidad diferente que es soportada por otros tipos de realidades que dan sentido al saber científico y explican consigo su desarrollo histórico en la que se abandonan y adquieren nuevas representaciones.

Utilizo como ejemplo la famosa controversia en química de coordinación entre Jørgensen y Werner para aclarar esta forma de abordar la subdeterminación (Kragh, 1997):

Mads Jørgensen fue un famoso profesor de química danés que dedico su vida al estudio de complejos metálicos. De igual forma, el químico sueco Alfred Werner estudiaba la

naturaleza de compuestos de coordinación de metales de transición rodeados de ligantes neutros o aniónicos.

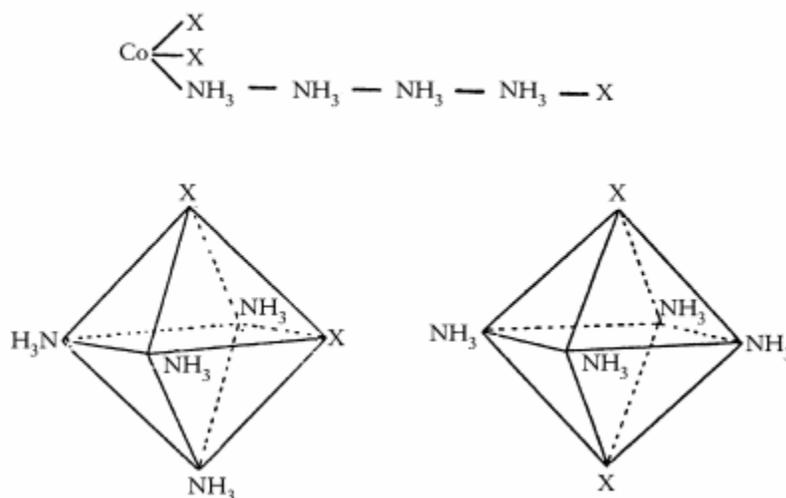


Imagen 2. Complejos de cobalto con la fórmula $[\text{CoX}_2(\text{NH}_3)_4]\text{X}$ de acuerdo con Jørgensen (arriba) y Werner (abajo). Tomado de *The British Journal for the History of Science*, Vol. 30, No. 2 (Jun., 1997), p.207

En términos kuhnianos⁹, la controversia implicó una pequeña revolución científica, pues Werner, tras realizar experimentos de conductividad y sintetizar el compuesto violáceo cloruro de diclorotetraaminocobalto (III) logró arrojar evidencias que no podían ser contempladas por el paradigma reinante¹⁰.

⁹ Thomas Kuhn fue un físico y filósofo de la ciencia estadounidense. Su obra más famosa es “*La estructura de las revoluciones científicas*” y en ella muestra los procesos por los que pasa la ciencia en su desarrollo definiendo etapas caracterizadas por paradigmas reinantes que son suplantados tras revoluciones por nuevos paradigmas. Estos cambios de paradigma contemplan no sólo teorías, entidades ontológicas e instrumentos diferentes para tratar problemas que en principio parecían ser del mismo tipo, sino que en más de una ocasión implican un cambio de mentalidad completo respecto al paradigma anterior.

¹⁰ Jørgensen experimentaba constantemente con compuestos de coordinación con el objetivo de refinar la teoría de enlace en cadena propuesta por C.W. Blomstrand (1826-1897). Según esa teoría las moléculas de amoníaco en compuestos de coordinación eran inertes químicamente debido a que formaban cadenas entre ellas.

El compuesto sintetizado por Werner no podía ser predicho por el paradigma de Jørgensen, esto significa que todo el armazón teórico de Jørgensen poseía al menos una característica que fallaba al no poder explicar la existencia de ese compuesto (subdeterminación holista), asimismo la síntesis del nuevo compuesto que sirve para validar la teoría de Werner puede ser evidencia también de otras teorías, aunque éstas aún no hayan sido enunciadas (subdeterminación contrastiva).

La solución que doy a ambos tipos de subdeterminación es: primero, que la teoría de Werner no invalida el paradigma reinante, sino que describe una realidad diferente e implica relaciones causales y entidades ontológicas también distintas; segundo, que pueden existir muchas más teorías diferentes soportadas por el mismo tipo de evidencia ya que la diferencia entre ellas será la realidad que pretenden describir.

Al contar la ciencia con estas realidades en principio contrastantes, solamente enriquecen el complejo desarrollo ontológico y epistémico de la ciencia cuya entidad más básica — sostengo firmemente — es justamente la representación. La experiencia sensorial participa continuamente en el proceso de representación (véase el Diagrama 1.), pero tras haberse adquirido la intuición primigenia o realidad primera se trasluce el más importante papel del sujeto: él define su mundo a través de la reformulación de la experiencia por internalización de nuevas representaciones abstractas.

Tras la reflexión anterior, concluyo lo siguiente en referencia a las dos características en común de las representaciones:

- Las representaciones científicas justamente funcionan como sustituto de la realidad, siendo las primeras resultado de la aplicación de la razón para convertir en representaciones abstractas a las representaciones intuitivas (realidades), y las

segundas, conocimiento de la materia mediado por el entendimiento que jamás es ilusión.

- Las representaciones científicas permiten hacer inferencias acerca de aquello que sustituyen, pues tras la aplicación del entendimiento y nacimiento de una realidad, al estar cualquier tipo de representación abstracta constreñida a las leyes causales que dan sentido a esa realidad se sigue que corresponde directamente a ellas, pero es aún más importante el hecho de que son semilla de nuevas realidades.

Este segundo inciso refuerza la primacía de la representación pues es ella misma la que permite el desarrollo de la ciencia abriendo la puerta a nuevas percepciones y con ello nuevas realidades y el hecho de ser fundamental su modificación constante en la dinámica científica es motivo suficiente para considerar siempre como realidad y verdad al obtenido tras la aplicación del entendimiento y la razón, respectivamente.

3. Influencia del contexto de descubrimiento en la representación científica

El tratamiento de la representación en las páginas anteriores asume una postura centrada en un solo sujeto representante, mas la ciencia es una disciplina de fuerte carácter social y la representación científica es por ende una representación colectiva que posee características distintas a las de los esquemas utilizados anteriormente. Aun así, es de extrema importancia aclarar las características del sujeto para destacar sus relaciones con el colectivo representante.

Como sostengo, en términos generales la concepción de una representación abstracta pasa por un proceso que involucra primero a la experiencia, luego al entendimiento y finalmente a la razón. En otras palabras, un individuo interactúa con el mundo e interpreta las relaciones causales de este por medio del entendimiento formando intuiciones que pueden ser posteriormente sometidas a la razón para convertir las intuiciones en conceptos, y dado que tanto el entendimiento como la razón son empleados correctamente en virtud del desarrollo del universo conceptual en ciencia, estas intuiciones y conceptos se convierten en realidades y verdades.

Una verdad científica no es lo mismo que una individual, de lo contrario aspectos tan sencillos como la comunión de creencias, la reproducibilidad o la aceptación de una teoría no tendrían sentido. Sin embargo, brota la semilla a partir de la experiencia condicionada por el conocimiento intuitivo y abstracto adquirido en la vida de un sujeto cuya representación que parecería ser, en principio, sólo suya. Su representación es después sometida a juicio por la comunidad científica y, por lo general, nunca inmediatamente aceptada. El científico posee otro papel fundamental como sujeto de conocimiento: es encargado de recoger el conocimiento (representaciones científicas) verdadero y aceptado procurando que su entendimiento no altere el que ya considera la representación que acoge,

se convierte en un practicante de la ciencia normal kuhniana y se asegura de la preservación de la verdad consensuada.

En consecuencia, el papel del sujeto individual resulta fundamental en la construcción del conocimiento colectivo como semilla creadora y guardián de realidades y verdades. Esto está dicho en *La estructura de las revoluciones científicas* y es justamente lo que mantiene vivo un paradigma, mas éstos cambian. Lo que se encuentra entre el surgimiento de un paradigma primitivo y su consolidación tiene un aspecto de índole fuertemente social incorporando factores externos a la pura conservación del contenido intuitivo. Es entonces a partir de sus resultados y consentimiento comunitario que se configura como reinante, aunque también hay ramas del conocimiento científico en las que la definición de un paradigma dominante se encuentra aún pendiente.

No se pretende dar una descripción precisa de dichos procesos en este trabajo cuyo compromiso va más bien dirigido a dilucidar la forma de la representación científica en química, pero es de suma importancia conocer de qué se sostiene.

Mas, ¿qué sucede cuando una nueva representación pretende describir una realidad distinta en ese punto en el que reina ya un paradigma? En este punto se procura hacer revisiones del paradigma actual para poder ajustarse al cuerpo de evidencia o se pone en duda que la evidencia mostrada sea, de hecho, algún caso aplicable al entramado conceptual existente. En términos de la exposición del capítulo anterior, se construye una nueva realidad (se intuyen nuevas relaciones causales en el mundo a través del entendimiento) y una nueva verdad (se transforman estas intuiciones a conceptos por medio de la razón), pero esto entra en conflicto con el paradigma reinante. Esto no significa que alguna es incorrecta, sino simplemente que corresponden a intuiciones y concepciones distintas sobre el mundo, es decir, cada una es realidad y verdad de mundos que son interpretados de formas distintas y

ello ocasiona que el paradigma nuevo construido a partir de las nuevas realidades y verdades sea inconmensurable respecto del anterior.

Es de extrema importancia notar que las nuevas representaciones deben comprender en su totalidad explicativa el paradigma aceptado, de lo contrario no tendría sentido su propuesta como alternativa. Ése es el aspecto más importante de la nueva propuesta, pues de ser ajena a los factores que ponen en crisis al paradigma actual no podría siquiera ser considerado para demarcar una nueva realidad y verdad colectiva.

Simultáneamente esto exhibe una fortísima consecuencia de las revoluciones científicas. El surgimiento de nuevos paradigmas, aunque leve o gravemente inconmensurables en relación al reinante, está condicionado por las crisis que conciernan al que predomina. Por lo tanto, el efecto que esto tiene en la representación es el expuesto en el capítulo anterior y aquí la expreso con el caso general:

El paradigma reinante está compuesto, entre muchas otras cosas, de diversas entidades representativas que presuponen ya la realidad a la que están limitadas. Esta realidad entra en conflicto con aquella que una nueva experiencia supondría, entonces se sigue el nacimiento de la última y con ella una nueva verdad. Ese es un proceso que puede tomar hasta años en llevarse a cabo y, cuando más de una propuesta surge en respuesta a la crisis, los factores que llevan a su aceptación no son siempre motivados por ser la mejor solución en términos exclusivamente epistémicos, ontológicos o de aplicabilidad. Se ha propuesto ya que intereses sociopolíticos, influencias e incluso búsqueda de poder puedan dar pie a la aceptación de nuevos paradigmas (Stanford, 2017).

Así, las nuevas representaciones pasan de ser solamente verdades particulares/errores científicos que corresponden a las leyes causales de una realidad particular/ilusión científica a verdades científicas que presuponen una realidad científica, o sea, por la

resolución de los problemas surgidos a raíz de la aceptación consentida por la comunidad científica de los paradigmas actuales.

En la ciencia se encuentran numerosos casos de este tipo y en el capítulo 6 abordo a profundidad el ocurrido en la primera revolución química en la que hubo un fuerte cambio paradigmático pues con la cuantificación y asunción de la atmósfera como medio reactivo, Lavoisier marca un hito cuyas consecuencias son aún palpables en el desarrollo de la disciplina.

4. Tipos de modelos de la representación científica

El quid de esta tesis es definir la forma que tiene la representación de la que se ha hablado hasta el momento, mas contemplando la existencia de factores extrínsecos¹¹ a la pura relación entre representación y realidad. Esto incluye, por supuesto, los factores sociopolíticos antes mencionados, así como factores psicológicos que hacen de la representación un ser que superviene sobre la realidad al incorporar el ineludible carácter humano de aquélla, pero más que ser este un impedimento o incluso un defecto de ella, por lo contrario, es lo que le permite ser de utilidad y permitir el crecimiento de la empresa científica.

He definido ya a la representación como un proceso que parte del mundo, culmina en la formación de representaciones abstractas y comienza de nuevo por condicionamiento del mundo a causa de la razón. Esta visión fue expandida mediante la introducción de factores extrínsecos como lo son la satisfacción y/o construcción de nuevos paradigmas así como el cumplimiento de requisitos establecidos por la comunidad científica para que la nueva propuesta pueda ser considerada.

Hay varias formas de contemplar a la representación de acuerdo con el número de agentes que forman parte del acto de representar. Una de las vertientes principales es la de los *enfoques sustantivos* que asumen que la representación consiste en una relación diádica exclusiva entre la entidad que representa y aquella representada que es condición necesaria y suficiente para la representación científica. Ésta suele separarse en visiones estructuralistas y por similitud (Boesch, 2015), también podemos encontrar otro enfoque

¹¹ Considero aquí como “factores extrínsecos” a todos aquellos que no son pura traducción del contenido del mundo, es decir, a los factores que no corresponden exclusivamente a las relaciones causales entendidas.

que es el Griceanista considerado “*no sustantivo*” ya que niega que existan condiciones necesarias y suficientes para la representación.

A continuación, expongo dichos enfoques seguido de una corta discusión sobre su aplicación y consistencia con la propuesta presente:

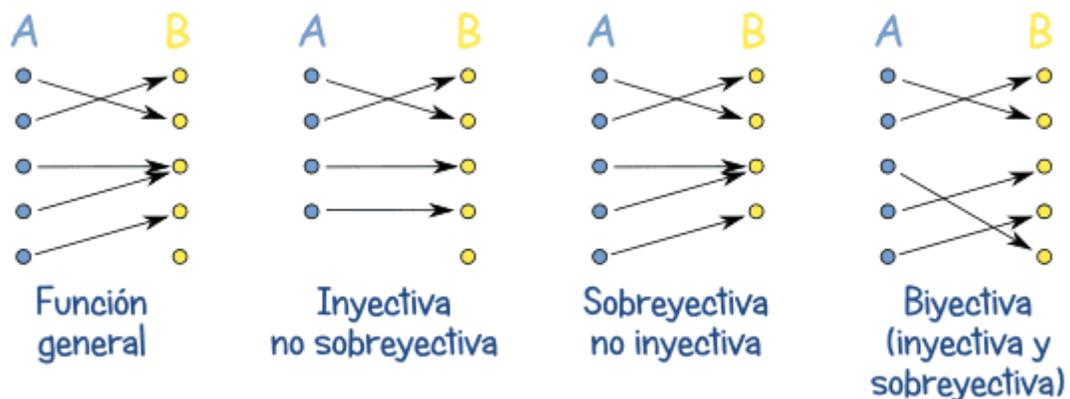
- ***Enfoque estructuralista***: Como evidencia el nombre de este enfoque y considerando que es sustantivo, asume una relación diádica entre la realidad y la representación (en este momento y por simplicidad, asúmase que la realidad aquí refiere al objeto encontrado en el primer eslabón del Esquema 1., es decir, en la experiencia, y la representación, de primera instancia abstracta, en la razón). Esta relación además posee una estructura en la que el enfoque más sencillo asume un *isomorfismo* entre la realidad y la representación. Etimológicamente esto significa que ambas “tienen la misma forma o estructura”, o sea, existe una función biyectiva¹² f que relaciona cada elemento de un dominio A con uno y sólo uno del codominio B,

$$f: A \rightarrow B$$

de tal forma que todos los elementos de B están vinculados con elementos de A. Esto conlleva una relación inmediata (directa) entre todos los elementos de la realidad con los de la representación sin algún tipo de intermediario. Aunque útil, este enfoque es bastante fuerte dado que existen situaciones en las que la representación tiene propiedades distintas a la de la realidad; por ejemplo: cuando se usan lápices para representar estructuras de moléculas orgánicas, el color de ellos es

¹² Una función biyectiva definida del conjunto A al conjunto B es tanto inyectiva como sobreyectiva, es decir; por lo primero, cualesquiera dos elementos de A se relacionan con uno y sólo uno de B que son distintos y; por lo segundo, todos los elementos de B están vinculados a alguno de A

irrelevante y es una característica de la representación que no forma parte de esa relación diádica, es entonces que una relación, como el isomorfismo parcial, se acerca más a la situación real en la que la representación tiene propiedades distintas o irrelevantes al proceso de representar. Dicho isomorfismo parcial se distingue del isomorfismo total por el hecho de poseer B elementos que no forman parte de la biyección, esto quiere decir que la función está definida desde A a un único subconjunto de B implicando propiedades de la representación que supervienen a su origen en la realidad. Mas aun, puede hacerse más general la estructura al contemplar que no sólo la representación puede poseer características que supervienen a la realidad (no sobreyección), sino también que algún elemento de la representación esté vinculado con más de un aspecto relevante de la realidad que funge como punto de partida del acto representar (no inyección). Esta definición de homomorfismo, debido a su generalidad, no requiere que dicha función sea ni inyectiva ni sobreyectiva. Resumo estos enfoques estructuralistas apoyándome en el siguiente esquema:



Esquema 2. Tipos de funciones.

Lo que distingue a estas funciones de los homomorfismos presentados hasta el momento es que las primeras pueden ser para cualquier tipo de elementos en el dominio y codominio, pero en el caso de los morfismos, los elementos del dominio y codominio pueden ser: individuos, relaciones, conjuntos, etc., o sea, todo aquello que permite identificar que lo que se conserva tras la aplicación de la función es la estructura original (la del dominio).

Formalización de homomorfismos de grupo

Presento un ejemplo matemático característico del álgebra abstracta para formalizar lo que hasta el momento he mencionado y sigo con comentarios acerca de su aplicabilidad en la propuesta de representación de esta tesis:

Sean \mathbf{G} y \mathbf{H} dos grupos y empleando el producto para la notación de la operación en ambos (aunque dicho producto pueda no ser el mismo). Un *isomorfismo* desde \mathbf{G} hasta \mathbf{H} es una biyección $\varphi: \mathbf{G} \rightarrow \mathbf{H}$ tal que $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$ para cada a, b en \mathbf{G} . Esto significa que φ preserva las operaciones de grupo.

Al caso en el que φ es sobreyectiva mas no inyectiva se le llama *epimorfismo* y al caso en el que φ es inyectiva mas no sobreyectiva se le llama *monomorfismo*. El *homomorfismo* es sólo la generalización de una función con preservación de estructura, por lo que el isomorfismo, epimorfismo y monomorfismo son todos casos de homomorfismos.

- ***Enfoque por similitud***: Este enfoque sugiere que la representación existe en virtud de un aspecto menos fuerte que el de la preservación de la estructura, éste es la búsqueda de similitud entre la realidad y la representación (evidenciando de nuevo

que se trata de otro enfoque sustantivo). A pesar puede resultar, en primera instancia, adecuado para resolver la manera en que dos entidades de distinta naturaleza se asemejan, no queda del todo claro en qué formas pueden hacerlo. Recientemente se ha tratado una perspectiva estructurada por similitud (Weisberg, 2013) del que destaco las tres características básicas de la representación (en su trabajo particular de los modelos): estructura, interpretación y descripción.

La estructura aquí toma una forma similar a la que se aborda en el inciso anterior, la descripción corresponde a si la representación es concreta o abstracta y la interpretación, a la que doy más importancia en esta breve exposición, tanto a la *asignación* de las distintas partes del “target” (realidad) como al *alcance* de la representación; es decir, qué aspectos de la realidad se representan en el modelo, y los *criterios de fidelidad*, que refieren al grado de semejanza entre el modelo y el mundo. Estos últimos incluyen a la *fidelidad dinámica* que alude a la exactitud del comportamiento del modelo respecto a lo observado en la realidad y a la *fidelidad representacional* que trata sobre cómo es mapeada la estructura del mundo en la de la representación.

- **Griceanismo¹³**: En términos muy escuetos, el “Griceanismo General” asume que la representación científica, así como otros tipos de representaciones, como la artística o modelos computacionales, por mencionar algunos ejemplos, corresponden exclusivamente a estados mentales y son por ende objeto de estudio de la filosofía de la mente. Además, al ser todas estas instancias de representación (entidad) el

¹³ Paul Grice (1913-1988) fue un filósofo del lenguaje inglés cuyo trabajo influenció el estudio de la semántica, particularmente la teoría del significado. Su trabajo se caracteriza por no tomar un enfoque normativo, en su lugar, el objeto de estudio se aborda desde su aplicación cotidiana, es decir, es interpretativo.

mismo objeto de estudio admite la existencia de un problema general de la representación. Por lo tanto, al ser la representación científica sólo una instancia de la más general “representación”, entonces no hay alguna razón para establecer condiciones de suficiencia o necesidad para la existencia de la representación científica.

Al último enfoque se le denomina deflacionista, pues a diferencia de los sustantivos no tiene como objetivo esclarecer las formas y condiciones de representar en ciencia, sino que de hecho hace que ese tipo de representaciones terminen en una categoría completamente distinta.

Hasta ahora es evidente que la propuesta de representación de esta tesis no puede ser sustantiva, o al menos no en un sentido de relación diádica exclusivamente, pues para ser posible la representación, ésta consta solamente de una relación diádica la primera vez que la realidad es captada por el entendimiento y, a partir de ello, solamente va incrementando el número de relaciones existentes a tres una vez que la razón entre a la ecuación y a muchas más cuando se trata con una experiencia condicionada por los ciclos anteriores de experiencia-razón, como se muestra en el Esquema 1.

Con respecto al enfoque griceanista, sí existe un punto de coincidencia con lo tratado: la representación científica es, en tanto que se mantenga como representación abstracta, un estado mental producto del entendimiento y la razón que son en el sujeto, mas no se adopta de manera absoluta el deflacionismo que llevaría a reducir su ser a un tipo general de representación.

La motivación mereológica de esta tesis, debido al formalismo que suele implicar el establecimiento de un lenguaje que contenga relaciones de partidad, requiere de un enfoque

que permita hablar sin ambigüedad de esas relaciones, por lo tanto, un tratamiento estructuralista sólo parcialmente sustantivo es un excelente candidato. Sin embargo, es indispensable definir a qué tipo de estructuras hace referencia el modelo y dar cuenta del tipo de función o relación que permite la preservación de la estructura. Para ello muestro a continuación la aplicación de los enfoques anteriores apoyándome de los conceptos básicos de la teoría de categorías evidenciando cómo su aplicación es incluso más adecuada que la de homomorfismos para definir su estructura.

Teoría de categorías

A diferencia de los homomorfismos expuestos hasta el momento que permiten la permanencia de la estructura entre estructuras algebraicas en virtud de la preservación de operaciones, la teoría de categorías va un paso más adelante admitiendo la permanencia estructural, pero entre entidades matemáticas de carácter incluso más general.

La teoría de categorías pretende ser esencialmente una teoría de funciones y tratar lo menos posible con la estructura particular de sus objetos (Asperti, 1991). De hecho, pretende que a partir de algunas propiedades de esas funciones queden ya definidos los objetos y morfismos que dentro de ella se den.

Una categoría C es:

- Una colección Ob_C de **objetos** denotados por a, b, \dots, A, B, \dots
- Una colección Mor_C de **morfismos (flechas)** denotados por f, g, \dots
- Dos operaciones **dom**, **cod** que asignan a cada flecha f dos objetos llamados respectivamente **dominio (fuente)** y **codominio (objetivo)** de f .
- Una operación **id** que asigna a cada objeto b un morfismo id_b (la **identidad** de b) tal que $dom(id_b) = codom(id_b) = b$.

- Una operación “ \circ ” (**composición**) que asigna a cada par f, g de flechas con $dom(f) = cod(g)$ un morfismo $f \circ g$ tal que $dom(f \circ g) = dom(g)$ y $cod(f \circ g) = cod(f)$.
- La *identidad* y la *composición*, además deben satisfacer las siguientes condiciones:
 - **Ley de identidad:** para cualquier flecha f, g tal que $cod(f) = b = dom(g)$

$$id_b \circ f = f$$

$$g \circ id_b = g$$
 - **Ley de asociatividad:** Para toda flecha f, g, h tal que $dom(f) = cod(g)$ y $dom(g) = cod(h)$

$$(f \circ g) \circ h = f \circ (g \circ h)$$

Se escribe $f: a \rightarrow b$ para denotar un morfismo cuya fuente y objetivo son a y b , respectivamente. Dados dos objetos a y b , las colecciones de todos los morfismos f tal que $f: a \rightarrow b$ se denota $C[a,b]$; el escribir $f \in C(a,b)$ es otra forma de expresar que $dom(f) = a$, y que $cod(f) = b$.

Tras esta presentación formal del concepto matemático de “categoría”, destaco algunas características fundamentales que son de utilidad para el desarrollo de mi proyecto:

- La noción de “colección” es aún más general que la de “conjunto” permitiendo a las entidades encontradas dentro de las colecciones no estar sujetas a los axiomas pertinentes a la teoría de conjuntos.
- La noción de “morfismo” es incluso más general que la de “función”, pues la función está definida entre dominios y codominios, pero siendo estos conjuntos. En teoría de categorías los morfismos se dan entre objetos y no se da algún énfasis

particular a la composición o propiedades de los objetos en cuestión, sino a los morfismos que existen entre ellos¹⁴.

- La estructura de los objetos es irrelevante para la teoría de categorías, pues dicha composición y cualquier transformación que ocurra entre objetos está ya definida por los morfismos que existan entre ellos y sus propiedades.
- Una de las similitudes más importantes entre los morfismos y las funciones es que están definidas asignando a cada valor del dominio del morfismo uno y sólo uno del codominio. Esto tiene sus desventajas cuando se trata de objetos que son conjuntos, pues es requisito que todos los elementos del primero estén asociados por medio de la flecha con uno y sólo uno del segundo. Esto pone un obstáculo al modelaje de situaciones en que más de un objeto se vinculan con uno del segundo o situaciones en que el morfismo no es exhaustivo en el dominio y quedan elementos del primero no ligados con el segundo¹⁵.

La aplicación directa de esta teoría a la tesis está motivada por mi postulación de la existencia de tres categorías fundamentalmente distintas: mundo, realidad y razón (Esquema 1.), las cuales son de constitución diferente y están compuestas de objetos diversos. No obstante, entre ellas ocurren transformaciones en el entendimiento primero y posteriormente en la razón dando pie a dos tipos de representación fundamentales: las

¹⁴ Enfatizo la diferencia entre morfismos/funciones y colecciones/conjuntos, debido a que la teoría de conjuntos más empleada en matemáticas que es la Zermelo-Fraenkel con axioma de elección presenta paradojas como la de Russell o la de Cantor (por mencionar las dos principales) y porque la libertad admitida por la teoría de categorías permite abordar temas que va más allá de representaciones exclusivamente matemáticas.

¹⁵ La variante categórica del estudio general de relaciones lleva el nombre de *teoría de alegorías*, sin embargo, ésta no será desarrollada en esta tesis, a menos que el establecimiento de una relación sea indispensable, pero sólo se sugerirá que el problema puede ser tratado mediante dicha teoría. Se procura llevar todos los problemas al lenguaje de teoría de categorías y la no-exhaustividad del dominio (en objetos) será tratada mediante morfismos entre subconjuntos (cuando aplique), y su análogo entre categorías por funtores entre subcategorías.

representaciones intuitivas y las abstractas. En el lenguaje de teoría de categorías, se consta de tres categorías esencialmente distintas: la del mundo, la realidad y la razón; cada una compuesta de sus respectivos objetos y morfismos de acuerdo con la formulación matemática y que poseen además relaciones entre ellas.

Una categoría \mathbf{D} es *subcategoría* de una categoría \mathbf{C} , si:

1. $Ob_{\mathbf{D}} \subseteq Ob_{\mathbf{C}}$
2. $\forall a, b \text{ en } Ob_{\mathbf{D}}, \mathbf{D}[a, b] \subseteq \mathbf{C}[a, b]$
3. La composición e identidades en \mathbf{D} coinciden con las de \mathbf{C} .

Una subcategoría está *llena* si $\forall a, b \text{ en } Ob_{\mathbf{D}}, \mathbf{D}[a, b] = \mathbf{C}[a, b]$. Una subcategoría está completamente determinada por su colección de objetos.

Sea \mathbf{C} una categoría y $a, b \in Ob_{\mathbf{C}}$. Entonces:

- i. Una flecha $h \in \mathbf{C}[a, b]$ es *épica* (es un *epimorfismo*) sii

$$g \circ h = f \circ h \Rightarrow g = f;$$
- ii. Una flecha $h \in \mathbf{C}[a, b]$ es *mónica* (es un *monomorfismo*) sii

$$h \circ g = h \circ f \Rightarrow g = f;$$
- iii. Una flecha $h \in \mathbf{C}[a, b]$ es *iso* (es un *isomorfismo*) sii existe $g \in \mathbf{C}[b, a]$ tal que

$$g \circ h = id$$

$$h \circ g = id$$

La teoría de categorías logra definir los tipos de “homomorfismos” sin recurrir a la estructura interna de los objetos a los que son aplicados y esto le brinda el poder de explicar de una forma incluso más general las relaciones que puedan darse entre categorías en términos de los morfismos que ocurren dentro de ellas, pues tanto la identidad como la composición logran definir ya a todos los objetos de éstas.

Ahora bien, así como es posible definir subcategorías en la teoría de categorías pueden definirse subobjetos a partir de monomorfismos que forman clases de equivalencia, no obstante, no abordaré ese tratamiento matemático ni más definiciones formales de la teoría de categorías a no ser que su introducción sea absolutamente necesaria.

Así como dentro de una categoría hay tanto objetos como morfismos, existe la generalización de un morfismo entre categorías, a éste se le llama *funtor*, y preserva la estructura de la categoría de origen. Esto significa que tanto los objetos como los morfismos dentro de la primera serán conservados pero con su equivalente de la segunda; noción que es de suma importancia para el presente tratamiento, pues a pesar de que las categorías “mundo”, “realidad” y “verdad” sean fundamentalmente distintas, es posible denotar formalmente más que sólo la preservación de “elementos” de ellas en las otras, sino que, además toda estructura descrita por los morfismos dentro de ellas serán también conservadas tras la aplicación del funtor.

El poder de esta herramienta para el tratamiento de la representación que abordo es incluso mayor que el de los modelos estructurales antes descritos debido a que, al ser la motivación de este trabajo el planteamiento formal de alguna mereología de la representación, la teoría de categorías admite la introducción de relaciones de partidad entre elementos de la misma categoría y de ser necesario, mediante funtores podrían definirse también relaciones de partidad entre categorías distintas.

5. Implicaciones y justificación del modelo por teoría de categorías

La formalización del capítulo siguiente tiene como objetivo principal modelar de manera organizada lo que hasta este momento se ha expuesto. Con este motivo en mente, dedico este capítulo a expresar con precisión tanto lo que conserva de la exposición de las páginas anteriores como las sugerencias e implicaciones del modelo formal.

Mundo corresponde a una categoría que se encuentra fuera del conocimiento y que no es para la representación. **Mundo** es en sí mismo y no puede ser objeto de conocimiento (epistémicamente inaccesible). No es sino hasta la intervención de la afección sensorial y la sensibilidad pura mediante el objeto inmediato (cuerpo) que el contenido de **Mundo** tiene sentido para el conocimiento. Además, esta parte de **Mundo** que participa como correlato objetivo de la representación intuitiva es la que permite que cada sujeto obtenga algún contenido distinto de **Mundo**, pues es mediante el *Entendimiento*, correlato subjetivo de la representación intuitiva, que se hace posible el conocimiento de las relaciones causales del mismo, o sea, del actuar del tiempo y espacio al que se llama “materia”. A la parte de **Mundo** que es correlato objetivo de la representación intuitiva la nombro **Mundo a entender**. La diferencia entre **Mundo** y **Mundo a entender** es que, el segundo es subcategoría del primero, o sea, posee objetos y morfismos del dominio de discurso del primero.

De acuerdo con Schopenhauer, “es la *simultaneidad* de muchos estados lo que propiamente constituye la esencia de la realidad: pues con ella se hace posible en primer lugar la *duración*, que sólo se puede conocer en la alteración de aquello que existe en simultaneidad con lo que dura; pero, además, sólo a través de lo que dura en la alteración recibe ésta el

carácter de cambio, es decir, de modificación de la cualidad y la forma bajo la permanencia de la *substancia*, es decir, de la *materia*”.

Esta información está contenida en las duplas *materia* $m(T, E)$ y que mediante el entendimiento y consecuente transformación en duplas *realidad* $r(T', E')$ adquiere sentido para el conocimiento. La principal diferencia entre el contenido de **Mundo a entender** y **Realidad** es que el primero constituye una parte del mundo inaccesible epistémicamente, es decir, una parte de **Mundo**, y la segunda ya adquiere valor epistémico pues es a través del *Entendimiento* que se transforma la parte carente de valor epistémico en **Mundo** a la que ya lo tiene, pues es una intuición, en **Realidad**.

Aquí corresponde hablar a profundidad de Ob_{Mundo} , Mor_{Mundo} , $Ob_{Realidad}$, $Mor_{Realidad}$ y las relaciones que existen entre sus objetos y morfismos entre las colecciones de **Mundo** y **Realidad**.

Las tuplas $T(t_1, \dots, t_n)$ $n \neq 1$ y $E(e_1, \dots, e_m)$ $m \neq 1$, así como las 1-tuplas (t_i) y (e_j) de Ob_{Mundo} no tienen ningún sentido para el conocimiento por sí mismas y esto, naturalmente, lleva a preguntar, ¿cuál es la razón, entonces, de plantear su existencia? La respuesta es bastante sencilla: tanto T como E guardan ya toda la información pertinente al ser del tiempo y el espacio en **Mundo**, incluso si eso no tiene sentido para el conocimiento todavía, pero más importante aún, su planteamiento sirve para indicar la transformación de su contenido en *saber intuitivo*, al cual denomino *realidades*, que son representadas por las duplas $r(T', E')$.

Debo recordar al lector que el planteamiento de entidades formales no siempre tiene un equivalente en la propuesta que ronda nuestras mentes. En numeradas ocasiones esas

entidades formales sólo sirven en el contexto del lenguaje formal con su respectivo sentido sintáctico y semántico.

Las 1-tuplas (t_i) y (e_j) a las cuales nombré *consideraciones temporales* y *consideraciones espaciales*, respectivamente, comprenden cada característica/propiedad del tiempo (o su equivalente en ese espacio inefable) y el espacio en **Mundo** cuyo producto cartesiano en las tuplas T y E dan sentido a la materia, representada $m(T, E)$. No sólo eso, sino que los morfismos en Mor_{Mundo} incluyen ya todas las posibles transformaciones que ocurran entre *consideraciones* y *factores espaciales*, así como *consideraciones* y *factores temporales*, es decir, entre las tuplas de Ob_{Mundo} . Por lo tanto, los objetos relevantes en la representación intuitiva que contienen ya toda la información de **Mundo**, tras la secuencia pertinente de morfismos que lleve a su construcción, son las duplas $m(T, E)$.

A pesar de que, en su mayor parte, el párrafo anterior tiene sentido exclusivamente en el mundo formal del modelaje por teoría de categorías (debido a la inefabilidad del contenido propuesto de **Mundo**), se encuentra completamente justificado por ser el contenido de **Mundo a entender** correlato objetivo de la representación intuitiva.

Consecuentemente, la siguiente transformación relevante es la de la conversión de duplas $m(T, E)$ a duplas $r(T', E')$, ya que la primera contiene la información pertinente del mundo que es correlato objetivo de la representación intuitiva, o sea, representa a la materia que es transformada en realidad a través del entendimiento; y la segunda porque contiene la información traducida por el entendimiento, es decir, el conocimiento de las relaciones causales asociadas a (mas no encontradas en) **Mundo a entender**, a las que denomino *realidades*.

Esto podría sugerir que sostengo una postura realista que podría resultar *prima facie* incompatible con mis tesis pluralistas. Sin embargo, dado que este modelo se enfoca en el acto de representación individual, entonces se seguiría que cualquier otro individuo bien pueda formar al mundo como representación tomando subcategorías iniciales distintas y empleando sus capacidades cognitivas *entendimiento* y *razón* de formas muy distintas. El principal sostén de mi tesis pluralista es que prácticamente cualquier forma de aplicar dichas capacidades cognitivas arroja realidades y verdades que pueden coexistir entre individuos. Esto incluso puede extrapolarse a comunidades científicas, pues existen momentos en la historia de la ciencia en que puede haber un paradigma reinante, pero comienzan a surgir propuestas nuevas cuando el primero entra en crisis. Esto conlleva que ni el paradigma reinante ni las nuevas propuestas son más o menos verdaderas que las otras, mas las comunidades científicas mediante el consenso se deciden por la mejor opción (*i.e.* la que recupera las explicaciones de la pasada, la que soluciona las anomalías presentes, la que introduce nuevos problemas de estudio, etc). En consecuencia, esta propuesta asume un realismo internalista ya que la realidad es determinada a partir del entendimiento y la razón individual, sin embargo, esto no asume un *relativismo* en el que no pueda existir la objetividad, pues ella es adquirida a través del consenso colectivo. También es una tesis pluralista en varios sentidos:

- Pueden coexistir realidades individuales diversas
- Pueden coexistir verdades individuales diversas
- Pueden coexistir paradigmas colectivos diversos

El hecho de pretender hacer objetivo el conocimiento científico a través del consenso posee valor exclusivamente por su utilidad para el desarrollo de las ciencias y es compatible con

las creencias individuales incluso si son contradictorias con las que requiere asumir el científico en su labor.

Debo agregar también que tanto la cardinalidad de *consideraciones temporales y espaciales* (en T y E) no tiene por que ser la misma que la cardinalidad de *consideraciones temporales y espaciales entendidas* (en T' y E'), pues la traducción por el entendimiento adquiere solamente algunas provenientes de la primera y, de hecho, en una forma distinta, propia del entendimiento.

Aquí me permito hacer algunas aclaraciones acerca del funtor \mathbb{E} . Este es un funtor que transforma la información de las duplas m a las duplas r ; para ello transforma los morfismos de **Mundo a entender** que llevan a la formación de m a partir de las *consideraciones espaciales y temporales* hacia los morfismos de **Realidad**, en los que la traducción de las *consideraciones espaciales y temporales*, o sea, las *consideraciones espaciales y temporales entendidas* en **Realidad**, presentan morfismos que llevan (en **Realidad**) a la formación de las duplas r . En el lenguaje estrictamente matemático de este planteamiento, eso requiere que **Realidad** preserve la estructura de **Mundo a entender**, es decir, que los objetos y morfismos de la segunda tengan su equivalente en la primera. Esto admitiría la posibilidad de que el mapeo no sea sobreyectivo, por lo que algunos objetos o morfismos de **Realidad** pueden ser propios de esa categoría y emerger de aquellos de **Mundo a entender**, sin embargo, bajo mi propuesta esto no tiene ningún sentido, pues, a pesar de que matemáticamente sea posible, *todo* el contenido de **Realidad** tiene referente en **Mundo a entender**, o sea, es una biyección, aunque no debe perderse de vista que **Mundo a entender** es sólo una subcategoría de **Mundo**, y es justo eso lo que permite la diferencia de *realidades* y con

ello de realidades particulares en distintos sujetos. Continuando con la emergencia: ésta no es imposible, aunque \mathbb{E} sea biyectivo, pues resulta naturalmente tras la aplicación del entendimiento por la traducción antes descrita. Se transforma lo inefable (inaccesible al conocimiento) en realidad (de valor epistémico).

Es destacable añadir que la noción de “subcategoría” (\sqsubseteq) no requiere que todos los elementos de las colecciones de la categoría a la derecha del operador sean sólo algunos de los de la izquierda (bien podrían ser todos) y eso llevaría a pensar que es posible que \mathbb{E} “preserve” toda la información de la derecha (en este caso de *Mundo*). Siendo así, resulta natural pensar que *Realidad* tendría ya toda la información de *Mundo*, y así en las posteriores cadenas de representación se logra capturar toda su esencia. No obstante, como se ha mencionado antes, esto no es posible por una importante razón:

- El contenido de *Mundo* en *Realidad* más que ser “preservado” es “traducido” por \mathbb{E} , es decir, el contenido de ambas categorías es inconmensurable.

Entonces, ¿es posible tener una traducción completa del contenido de *Mundo*? La respuesta corta es “sí”, pero eso no significa que la traducción sea única, ya que al ser el entendimiento una facultad subjetiva individual, sucede que cada traducción también lo es aun tomando todo el contenido de la categoría a traducir. Ahora bien, cuáles sean las condiciones de posibilidad que lleven a una traducción completa es algo que desconozco y que no corresponde responder en este proyecto cuyo motivo es dar cuenta de la forma de la representación científica.

Finalmente, se ha convertido el contenido de *Mundo*, carente de valor epistémico, al contenido de *Realidad* que ya lo tiene y en el que viven las intuiciones/realidades que son posteriormente sujetas a la aplicación de la razón para ser transformadas en conceptos.

Las duplas *realidad*, $r(T', E')$, que contienen ya la información de **Mundo** relevante en la representación intuitiva, son posteriormente convertidas a través de la razón en triplas *verdad*, $v(T'', E'', FE)$. El conocimiento intuitivo, que posee ya todas las relaciones causales procesadas por el entendimiento, es posteriormente abstraído por la razón para su transformación en conceptos (representaciones abstractas), mas como puede mostrarse en la tripla, y de forma similar al paso de las duplas m a r por \mathbb{E} , el contenido de T'' y E'' es, de nuevo, una traducción de las relaciones causales entendidas y transformadas hacia su correspondiente en la razón. Estos equivalentes en la razón no son del mismo tipo que los que se encuentran en el entendimiento (ya que pertenecen a categorías diferentes), es decir, toda *consideración espacial y temporal entendida* que tenga su “traducción” en **Verdad** como *consideración espacial y temporal razonada* no tiene por qué formar en ella, tras la aplicación de \mathbb{R} , triplas v cuyos *factores espaciales y temporales razonados* contengan el mismo número de *consideraciones espaciales y temporales entendidas* que en su análogo r en **Realidad**.

De nuevo ocurre aquí, según indica el símbolo “ \subseteq ”, que la “traducción” desde **Realidad** hacia **Verdad** puede ser sólo parcial y que no todos los objetos y morfismos de **Realidad** tengan su equivalente en **Verdad**. Esto podría ocurrir por una variedad de factores que, reitero, no son relevantes para el desarrollo de este proyecto, sin embargo, por mencionar algunas posibilidades:

- En la razón no puede darse la traducción completa de la información de las realidades/intuiciones
- La razón traduce exclusivamente lo que lleva a la construcción de verdades y esto no tiene por qué ser todo el contenido de las realidades/intuiciones.

- La formación de verdades toma, por medio de la razón, contenido aleatorio de las realidades/intuiciones y no es posible encontrarle sentido a la información “seleccionada” por la razón.

Una característica fundamental de la formación de verdades en la razón es la de la adquisición de información externa a la mera traducción desde *Realidad*, representado por el tercer término de la tripla v , que corresponde a los factores externos a la mera traducción. Como se menciona en el capítulo 3, estos factores externos pueden ser de diversos tipos: desde factores psicológicos, como la negación a perder gran parte de lo que se ha construido hasta el momento y da sentido al mundo científico, hasta factores políticos relacionados con luchas de poderes, opresión de minorías, y hasta con imposición de paradigmas por individuos de renombre.

En este punto se bifurca el camino, ya que, por un lado, la adquisición de verdades por medio de la razón y la añadidura de factores externos al mero vínculo con la realidad ahora convierte al mundo en uno nuevo que incorpora las nuevas verdades que se enuncian sobre él y que cambian el contenido de lo que puede ser procesado después por el entendimiento, y por otro, gran parte de la adquisición de esas verdades son las que dan sentido al mundo científico y las que se emplean formando representaciones concretas como imágenes, gráficos y modelos, por mencionar algunos.

La construcción de un modelo concreto lleva alguna intención por parte del que lo realiza en aras de satisfacer algún requisito. Esto puede hacerse con fines didácticos, porque un modelo completo puede no cumplir la función específica que se requiere que cumpla, porque permite el razonamiento surrogativo, porque al concretar la abstracción se cuenta ahora con un elemento representativo con el que más de uno puede interactuar y facilita el

consenso, la comprensión colectiva, etcétera. Las razones son diversas y ésta no pretende ser una lista exhaustiva.

Ahora bien, no incluyo una nueva categoría de representaciones concretas porque priorizo la transformación del mundo hacia uno que está ya condicionado por todos los conceptos que aceptamos e imponemos en el mundo. Esta nueva categoría surge de la transformación de las *verdades* en **Verdad** hacia una categoría de representaciones concretas que ocurre de forma controlada, ya que el individuo que interviene en la formación de una representación concreta toma sólo ciertos elementos del concepto que son después materializados y eso, de hecho, implica que la representación concreta incluye también los factores externos a la pura traducción de la realidad a verdad. Me permito concluir así algo que se evidencia ya, y es que las representaciones concretas y abstractas no surgen del puro actuar de la razón transformando el contenido de la realidad que, asumiendo un materialismo ingenuo, incluiría ya toda la información del mundo, sino que estas representaciones adquieren nuevo contenido a causa de la intervención de la razón.

Por otro lado, volviendo al modelaje por teoría de categorías, los objetos y morfismos de **Verdad** son un tanto más complejos que los que se dan entre los de **Realidad**, pues en **Verdad** dichos objetos y morfismos incluyen morfismos que no sólo ocurren entre *factores y consideraciones temporales y espaciales razonadas*, sino que ahora pueden encontrarse en ellos también los *factores extrínsecos* llevando al final a la formación de las triplas v que incluyen ya toda la información de las verdades enunciadas sobre el fragmento de realidad pertinente. Aquí la superveniencia es inevitable debido a la inclusión de los factores externos, pero también, como ocurre tras la aplicación del funtor \mathbb{E} a **Mundo**, los *factores espaciales y temporales razonados* (T'' y E'') poseen información de tipo

completamente distinto al que forman los *factores espaciales y temporales entendidos* (T' y E') en *Realidad*.

Es tras la aplicación del funtor \mathbb{C} que lo que en un principio era el mundo adquiere ahora toda la información traducida primero por el entendimiento y luego por la razón desembocando en la construcción de *Nuevo mundo*. Éste concentra la información de las verdades anteriores a él (aquellas de *Verdad*) y modifican lo que puede adquirirse del mundo tras la asimilación de representaciones abstractas de la razón. Es entonces que digo que el mundo se corrompe por la asimilación de verdades producto de la razón que incorpora factores que no son exclusivos a la pura traducción desde la realidad. En este sentido, mi propuesta de “nuevo mundo” sigue preservando parte de su carácter inicial, pues brinda los insumos para el entendimiento en la formación de nuevas realidades, pero incorpora un nuevo aspecto: se hace asequible para el conocimiento tras su producción a través del acto de representación y, de nuevo, al pasar por nuevos ciclos de representación sigue modificándose con el tiempo. El “nuevo mundo” es, ahora, no solamente uno, sino todos los que surjan posteriores al primer ciclo de representación Mundo \rightarrow Razón, donde el primer mundo es justamente aquel incognoscible y todos los posteriores, ya, objetos de conocimiento. Consecuentemente, los “nuevos mundos” son creados por el sujeto tras la aplicación sucesiva del entendimiento y la razón y así, mediante la inclusión del contenido de la razón (*i.e.* representaciones abstractas) transforma al mundo antes incognoscible a varios que son ahora para el conocimiento.

Me resulta indispensable aclarar que la formación de “nuevos mundos” no implica que el primero sea modificado. Cada uno de ellos se mantiene como categorías separadas y sólo

las posteriores a la primera aplicación de entendimiento y razón son ya para el conocimiento.

A diferencia de la formación de representaciones abstractas, la asimilación de información desde las verdades en **Verdad** hacia **Nuevo Mundo** ocurre de manera descontrolada, o sea, no es posible dar seguimiento al contenido e implicaciones de las verdades que son adquiridas en las posteriores cadenas de aplicación de entendimiento y razón y, de hecho, el mundo científico se consolida tras la aceptación consensuada de representaciones abstractas y concretas (con su correspondiente intuitivo en el entendimiento) por el colectivo denominado *comunidad científica*.

Llamo a este proceso “*Corrupción de la materia*”, pues el contenido de la categoría **Nuevo mundo** que es sometido a cadenas subsecuentes de aplicación de entendimiento y razón, contiene como objetos *consideraciones espaciales y temporales corrompidas* que para el entendimiento son indistinguibles en tanto que se permitió su asimilación en el nuevo mundo (o sea, lo que fueron triplas v en **Verdad** son ahora duplas nm (nueva materia) en **Nuevo mundo**). Este ser indistinguible implica que los objetos en el nuevo mundo son interpretados por el entendimiento como “puras” relaciones causales (como si se tratase de la traducción de duplas m), mas puede perderse de vista el camino que llevó a la consolidación de los objetos del nuevo mundo, *i.e.* las traducciones consecutivas de aspectos espaciotemporales y adjunción de factores externos.

Aunque suele asociarse una connotación negativa al verbo “corromper”, aquí solamente significa que lo que en un momento fue un mundo “puro” para el entendimiento es ahora uno que comprende representaciones abstractas y concretas producto de cadenas consecutivas de aplicación del entendimiento y la razón.

No puedo concluir esta explicación del modelo por teoría de categorías sin dar luz acerca de la diferencia entre la formación de representaciones concretas y la asimilación de verdades en el nuevo mundo. Sólo me limité a describir que el primer proceso ocurre de forma controlada y el segundo no. Lo único que distingue el control del descontrol es el hecho de que en el primero, el agente encargado de concretar la abstracción decide qué elementos tomar de la verdad o verdades correspondientes para satisfacer algún motivo particular y, en la segunda, debido a que varios tipos de representaciones abstractas o concretas existen como producto de largas cadenas de aplicación de entendimiento y razón, es prácticamente imposible trazar¹⁶ su procedencia desde la primera intuición. Esto quiere decir que los dos sentidos de “control” son distintos y, siendo estrictos, la construcción de representaciones concretas pudo ya haber sido descontrolada en el sentido de “trazabilidad”, ya que no pertenecen (esas representaciones concretas) necesariamente al primer ciclo de aplicación de entendimiento y razón.

En conclusión, la adquisición de nuevas representaciones (intuitivas, abstractas y concretas) ocurre en cadenas consecutivas de aplicación de entendimiento, razón y asimilación de verdades en nuevos mundos (corrupción de la materia) de las que es complicado, o quizá hasta imposible, trazar el camino que ha llevado a la aceptación de las representaciones actuales, mas nada de esto quita el mérito a todo lo que es (y ha sido) posible construir a partir de aquel sinuoso camino.

¹⁶ Se emplea la acepción metrológica que, en este caso, refiere a ubicar todos los elementos de la cadena que llevaron a su concepción.

6. Modelaje por teoría de categorías de la representación científica

Continuando con el desarrollo por teoría de categorías, presento a continuación el modelo propuesto:

Es **Mundo** una categoría caracterizada por su colección de objetos Ob_{Mundo} y su colección de morfismos Mor_{Mundo} , incluyendo sus operaciones **dom** y **cod** respectivas para cada morfismo y operaciones *identidad* y *composición* características de las categorías con sus leyes de identidad y de composición.

Ob_{Mundo} se compone de Ob_{Tiempo} , $Ob_{Espacio}$ y $Ob_{Materia}$:

- Ob_{Tiempo} está compuesta por n -tuplas $T(t_1, \dots, t_n)$ $n \neq 1$ llamadas *factores temporales*.
- Ob_{Tiempo} a su vez contiene a la colección Ob_{CT} que consiste de 1-tuplas (t_i) llamadas *consideraciones temporales*.
- $Ob_{Espacio}$ está compuesta por m -tuplas $E(e_1, \dots, e_m)$ $m \neq 1$ llamadas *factores espaciales*.
- $Ob_{Espacio}$ a su vez contiene a la colección Ob_{CE} que consiste de 1-tuplas (e_j) llamadas *consideraciones espaciales*.
- $Ob_{Materia}$ está compuesta por duplas $m(T, E)$ llamadas *materias*.

Mor_{Mundo} se compone de morfismos f definidos por

$$dom(f) = \mathcal{W} \subseteq Ob_{Espacio} \vee \mathcal{X} \subseteq Ob_{Tiempo} \quad y$$

$$cod(f) = \mathcal{Y} \subseteq Ob_{Espacio} \vee \mathcal{Z} \subseteq Ob_{Tiempo} \vee Ob_{Materia}.^{17}$$

¹⁷ El sentido del símbolo \subseteq en este capítulo presentado, no debe confundirse con el de “ser subconjunto” de la teoría de conjuntos, sin embargo, es su análogo en teoría de categorías haciendo referencia a que el dominio de la función puede componerse sólo de algunos elementos de las

Hay al menos una categoría **Mundo a entender** que es subcategoría de **Mundo** que es, además, dominio ($\text{dom}(\mathbb{E})$) del funtor \mathbb{E} (Entendimiento), esto implica que:

$$Ob_{ME} \subseteq Ob_{Mundo}$$

$$Mor_{ME} \subseteq Mor_{Mundo}$$

\mathbb{E} es un funtor definido:

$$\mathbb{E} : \mathbf{Mundo\ a\ entender} \Rightarrow \mathbf{Realidad}$$

Realidad es una categoría caracterizada por su colección de objetos $Ob_{Realidad}$ y su colección de morfismos $Mor_{Realidad}$, incluyendo sus operaciones **dom** y **cod** respectivas para cada morfismo y operaciones *identidad* y *composición* características de las categorías con sus leyes de identidad y de composición.

$Ob_{Realidad}$ se compone de Ob_{TE} , Ob_{EE} y $Ob_{Intuición}$:

- Ob_{TE} está compuesta por n' -tuplas $T'(t_1', \dots, t_{n'}')$ $n' \neq 1$ llamadas *factores temporales entendidos*.
- Ob_{TE} a su vez contiene a la colección Ob_{CTE} que consiste de 1-tuplas (t_i') llamadas *consideraciones temporales entendidas*.
- Ob_{EE} está compuesta por m' -tuplas $E'(e_1', \dots, e_{m'}')$ $m' \neq 1$ llamadas *factores espaciales entendidos*.
- Ob_{EE} a su vez contiene a la colección Ob_{CEE} que consiste de 1-tuplas (e_j') llamadas *consideraciones espaciales entendidas*.
- $Ob_{Intuición}$ está compuesta por duplas $r(T', E')$ llamadas *realidades*.

colecciones de las categorías correspondiente o de todos los elementos de las colecciones de dicha categoría.

$Mor_{Realidad}$ se compone de morfismos f' definidos por $dom(f') = \mathcal{W}' \subseteq Ob_{EE} \vee \mathcal{X}' \subseteq Ob_{TE}$ y $cod(f') = \mathcal{Y}' \subseteq Ob_{EE} \vee \mathcal{Z}' \subseteq Ob_{TE} \vee Ob_{Intuición}$.

El functor \mathbb{E} consta de una función $Ob_{ME} \mapsto Ob_{Intuición}$, que es la parte-objeto de \mathbb{E} , y otra función $Mor_{ME} \mapsto Mor_{realidad}$ que es la parte-morfismo de \mathbb{E} .

Hay al menos una subcategoría **Realidad a razonar** de la categoría **Realidad** que es, además, dominio ($dom(\mathbb{R})$) del functor \mathbb{R} (Razón), esto implica que:

$$Ob_{RR} \subseteq Ob_{Realidad}$$

$$Mor_{RR} \subseteq Mor_{Realidad}$$

\mathbb{R} es un functor definido:

$$\mathbb{R} : \mathbf{Realidad\ a\ razonar} \Rightarrow \mathbf{Verdad}$$

Verdad es una categoría caracterizada por su colección de objetos Ob_{Verdad} y su colección de morfismos Mor_{Verdad} , incluyendo sus operaciones **dom** y **cod** respectivas para cada morfismo y operaciones *identidad* y *composición* características de las categorías con sus leyes de identidad y de composición.

Ob_{Verdad} se compone de Ob_{TR} , Ob_{ER} , Ob_{FE} y Ob_{Verdad} :

- Ob_{TR} está compuesta por n'' -tuplas $T''(t_1'', \dots, t_n'')$ $n'' \neq 1$ llamadas *factores temporales razonados*.
- Ob_{TR} a su vez contiene a la colección Ob_{CTR} que consiste de 1-tuplas (t_i'') llamadas *consideraciones temporales razonadas*.
- Ob_{ER} está compuesta por m'' -tuplas $E''(e_1'', \dots, e_m'')$ $m'' \neq 1$ llamadas *factores espaciales razonados*.
- Ob_{EE} a su vez contiene a la colección Ob_{CER} que consiste de 1-tuplas (e_j'') llamadas *consideraciones espaciales razonadas*.

- Ob_{FE} está compuesto por l -tuplas $FE(fe_1, \dots, fe_l)$ $l \neq 1$ llamadas *factores extrínsecos*.
- Ob_{FE} a su vez contiene a la colección Ob_{CER} que consiste de 1-tuplas (fe_k) llamadas *consideraciones extrínsecas*.
- Ob_{Verdad} está compuesta por triplas $v(T'', E'', FE)$ llamadas *verdades*.

Mor_{Verdad} se compone de morfismos f'' definidos por

$$dom(f'') = \mathcal{W}'' \subseteq Ob_{ER} \vee \mathcal{X}'' \subseteq Ob_{TR} \vee \mathcal{U} \subseteq Ob_{FE} \quad \text{y}$$

$$cod(f'') = \mathcal{Y}'' \subseteq Ob_{ER} \vee \mathcal{Z}'' \subseteq Ob_{TR} \vee \mathcal{V} \subseteq Ob_{FE} \vee Ob_{Verdad}.$$

El functor \mathbb{R} consta de una función $Ob_{RR} \mapsto Ob_{Verdad}$, que es la parte-objeto de \mathbb{R} , y otra función $Mor_{RR} \mapsto Mor_{realidad}$ que es la parte-morfismo de \mathbb{R} .

Hay al menos una subcategoría **Verdad condicionante** de la categoría **Verdad** que es, además, dominio ($dom(\mathbb{C})$) del functor \mathbb{C} (Corrupción), esto implica que:

$$Ob_{MC} \subseteq Ob_{Verdad}$$

$$Mor_{MC} \subseteq Mor_{Verdad}$$

\mathbb{C} es un functor definido:

$$\mathbb{C} : \text{Verdad condicionante} \Rightarrow \text{Nuevo mundo}$$

Nuevo Mundo es una categoría caracterizada por su colección de objetos $Ob_{Nuevo mundo}$ y su colección de morfismos $Mor_{Nuevo mundo}$, incluyendo sus operaciones **dom** y **cod** respectivas para cada morfismo y operaciones *identidad* y *composición* características de las categorías con sus leyes de identidad y de composición.

$Ob_{Nuevo mundo}$ se compone de $Ob_{Tiempo corrompido}$, $Ob_{Espacio corrompido}$ y

$Ob_{Nueva materia}$:

- $Ob_{\text{Tiempo corrompido}}$ está compuesta por n -tuplas $T'''(t_1''', \dots, t_n''') n''' \neq 1$ llamadas *factores temporales corrompidos*.
- $Ob_{\text{Tiempo corrompido}}$ a su vez contiene a la colección Ob_{CTC} que consiste de 1-tuplas (t_i''') llamadas *consideraciones temporales corrompidas*.
- $Ob_{\text{Espacio corrompido}}$ está compuesta por m -tuplas $E'''(e_1''', \dots, e_m''') m''' \neq 1$ llamadas *factores espaciales corrompidos*.
- $Ob_{\text{Espacio corrompido}}$ a su vez contiene a la colección Ob_{CEC} que consiste de 1-tuplas (e_j''') llamadas *consideraciones espaciales corrompidas*.
- $Ob_{\text{Materia corrompida}}$ está compuesta por duplas $m'(T''', E''')$ llamadas *nuevas materias*.

$Mor_{\text{Nuevo mundo}}$ se compone de morfismos f''' definidos por
 $dom(f''') = \mathcal{W}''' \subseteq Ob_{\text{Espacio corrompido}} \vee \mathcal{X}''' \subseteq Ob_{\text{Tiempo corrompido}}$ y
 $cod(f''') = \mathcal{Y}''' \subseteq Ob_{\text{Espacio corrompido}} \vee \mathcal{Z}''' \subseteq Ob_{\text{Tiempo corrompido}} \vee Ob_{\text{Nueva materia}}$.

A partir de aquí pueden definirse *ad infinitum* nuevos funtores entendimiento y razón hacia categorías que serían nuevas realidades y verdades.

7. Aplicación del modelo en el desarrollo histórico del concepto “sustancia química”

El desarrollo del concepto de “sustancia química” es uno que puede ser estudiado haciendo uso del planteamiento por teoría de categorías, pues dicha representación abstracta y su concepción actual son consecuencia del trayecto histórico del desarrollo de una representación abstracta mediante la modificación del universo de representaciones que dan sentido al mundo científico en el que la “sustancia química” es ahora entidad ontológica básica. Por supuesto que esto involucra cambios sustanciales sucedidos en períodos de tiempos largos motivados por razones diversas, pero que al final han confluído en el entramado armazón conceptual científico.

Este capítulo no pretende dar cuenta precisa de todo el desarrollo histórico del concepto “sustancia química”, pues el compromiso de esta tesis está con la estructura de la representación y su repercusión en la nueva concepción del mundo eternamente cambiante, por lo que me sirvo de esta brevísima exposición para mostrar que el desarrollo del concepto (un tipo de representación abstracta) puede ser descrito adecuadamente empleando teoría de categorías como se expone en el capítulo 5.

No ha de olvidarse que este es un concepto cuyo correlato en el mundo fue en principio material, es decir, fue mediante el cuerpo (objeto inmediato) que se obtuvo información del mundo procesada posteriormente por el entendimiento y transformada por la razón en concepto.

Fue en la Grecia Antigua, c.a. 500-300 a.C., según se tiene registro, que el asombro filosófico comenzó a dar cuenta acerca de la composición de la materia con la que todos convivimos a diario. Entonces se sugirió que ésta estaba compuesta de los cuatro elementos de Empédocles (tierra, agua, fuego y aire) en combinaciones de cualidades opuestas (frío/caliente y mojado/seco). (Garritz, 2013)

Esto bien pudo surgir por mera necesidad de dar orden al mundo y de poseer términos comunes para referirse a la materia y su composición, o por cualquier otra razón, pero fue inevitable el consenso para determinar lo que se cree en un período determinado. De no haber ocurrido, sólo se habría contado con distintas escuelas de pensamiento en competencia y la comunicación se habría hecho prácticamente imposible.

Lo más importante es que los individuos, tras su interacción con el mundo, dilucidaban relaciones causales que daban pie a la comprensión de su experiencia y posteriormente la formulaban conceptualmente en aras de satisfacer ciertos objetivos, ya sea que estos fueran de mera comprensión del mundo, comunicativos o que tuvieran alguna finalidad aplicable o comprobable.

Tiempo más tarde, en el siglo XVI, Paracelso (1493-1541) introdujo el término de “pureza” distinguiendo entre el producto de la destilación (como puro) con su fuente impura de origen. Por lo tanto, surge la “pureza” como un concepto de fundamental carácter operacional, pues para poder purificar algo debe realizarse una operación previa.

Aquí, a pesar de que no se introduce el término “pureza” en directa relación con el concepto de “sustancia química” o “sustancia”, se introduce un concepto fundamental en su posterior concepción, muestra de que algunas representaciones abstractas son resultado de cadenas anteriores de evolución de representaciones distintas, pero mostrando cómo el “mundo científico” se construye a través de este desarrollo histórico con introducción de nuevas necesidades, como en este caso se muestra con la “obtención de la pureza mediante una operación”.

El concepto “sustancia” fue presentado por primera vez ante la comunidad científica (para referirse a algo más cercano a aquello que hoy en día se asocia en química a dicha palabra) por Geoffroy en 1718. En su trabajo mostraba una tabla con 16 sustancias de referencia y

Aquí de nuevo se evidencia cómo con el paso del tiempo se toman nuevos conceptos y necesidades que permean a través del desarrollo histórico de la “substancia química”, introduciendo ahora “conceptos” que incorporan cada vez más el carácter operacionista de la “substancia” y la relevancia de la interacción de la materia tanto con el cuerpo (observación/registro de su actuar) como con instrumentos.

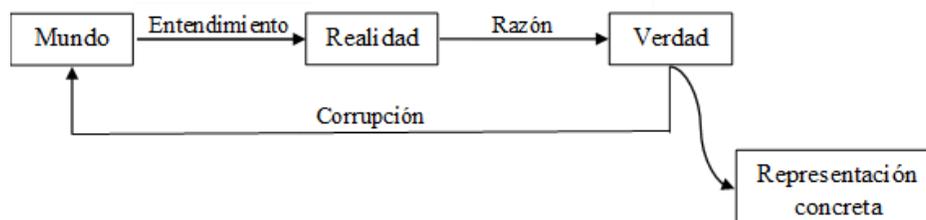
Posteriormente, Robert Boyle (1627-1691) incorporó a este desarrollo del concepto de “substancia química” características fundamentales de sus posturas mecanicistas del mundo, según las cuales éste funciona por mecanismos inherentes a la naturaleza, y fundamentaba su posición mediante el refuerzo del carácter operacionista distinguiendo, de hecho, entre experimentos *lucíferos* y *lucríferos*, donde los primeros daban luz a tesis sobre la filosofía natural, es decir, lograban revelar las causas subyacentes a los fenómenos observables (Chalmers, 2012). Además, gran parte de su obra y experimentación tenía como objetivo destronar el paradigma reinante de los elementos aristotélicos y de Paracelso, por lo que de nuevo representó una importante modificación estructural en el desarrollo del concepto “substancia”. Mediante la experimentación pretendía mostrar que las “substancias” eran compuestas de aquello en lo que podían descomponerse y esto, de nuevo, forma parte importante de la concepción actual de la “substancia química” y lo que puede hacerse con ella, sugiriendo también nociones primitivas de conceptos como el de “reactividad” o “composición”.

Esto de nuevo muestra cómo el sujeto condiciona su percepción mediante la introducción de conceptos y teorías externas a la pura experiencia y utiliza estas nuevas representaciones con intenciones particulares, como fue en este caso la incorporación de la filosofía mecanicista y la intención de mostrar la incorrección del paradigma contemporáneo.

Aún después, la revolución química de Antoine Lavoisier representó de nuevo un cisma cataclísmico en la evolución del concepto y, en general, de la química por la introducción de la cuantificación y, con ello, la matematización de la química y por el derrocamiento de la teoría del flogisto que se empleaba para explicar la calcinación (formación de óxidos metálicos) y combustión, y suponía a la atmósfera como un medio pasivo en la interacción con la materia (Hendry, 2012).

Y así, una vez más, se transforma el concepto de “sustancia química” de forma continua como parte de un desarrollo histórico en el que se aceptan y se abandonan representaciones a lo largo de su larga trayectoria sin perder de vista que todo este proceso permite el desarrollo de la ciencia con todas sus implicaciones y factores externos al puro acto de preservar y traducir información entendida del mundo. Sin dicho desarrollo jamás habría sido posible alcanzar el punto en el que ahora se encuentra la ciencia con todas sus herramientas explicativas y avances tecnológicos, y es justamente este desarrollo histórico el que justifica el correcto empleo del entendimiento y la razón y así la adquisición de realidades y verdades en lugar de ilusiones y errores.

Todo el desarrollo anterior lleva a una pequeña modificación del Esquema 1. que presento a continuación:



Esquema 3. Proceso de la representación

En donde las principales diferencias corresponden a: la introducción del término “Corrupción” que corresponde a la flecha que lleva de las verdades que contienen todo el

contenido conceptual interpretado de la realidad (en la razón) a la reconstrucción del Mundo por condicionamiento de la razón y a la distinción entre representaciones abstractas y concretas, donde las primeras son las encontradas en la razón y las segundas la transformación de conceptos en productos materiales (*e.g.* dibujos, gráficos, modelos, etc.). Cabe añadir que las representaciones concretas, a pesar de formar parte de lo que se emplea para comprender algunas características acerca del mundo científico, no son fundamentales en el condicionamiento del mundo por la verdad más que por la carga conceptual que contiene (representación abstracta asociada a la concreta). Un ejemplo primordial en que puede corroborarse la influencia del contenido de la razón (representaciones abstractas) sobre el mundo es mediante la incorporación de instrumentos que modifican totalmente la forma en que se interactúa con él y cuyo surgimiento tiene su justificación en los esquemas conceptuales de la razón que dictan lo que ahora puede percibirse del mundo.

De acuerdo con la exposición anterior, el desarrollo del concepto de “sustancia química” es compatible con la propuesta por teoría de categorías del capítulo V, pero es lo suficientemente largo al incluir varios ciclos de representación que resulta apropiado acotar el problema a analizar. Por consiguiente, presento a continuación el modelaje por teoría de categorías del cambio de paradigma que ocurrió en la primera revolución química de Lavoisier:

En pleno Siglo XVIII la teoría del flogisto servía como herramienta explicativa de una serie de procesos químicos como la combustión y la formación de sales (actualmente conocidos como óxidos metálicos), por mencionar algunos. Esta teoría asumía que el ambiente o, en términos actualmente aceptados, los alrededores de un sistema que atraviesa un cambio químico no participaban en el cambio por el que pasaba el sistema. Aunado a ello presentaba algunas inconsistencias que parecían añadir sólo conceptos *ad hoc* que

pretendían consolidar la teoría. Las sustancias que poseían bastante flogisto, al pasar por el proceso de combustión, eran reducidas a cenizas en algunos casos, como ocurría con las plantas secas. El proceso implica la pérdida de masa del sistema de estudio por lo cual se decía que perdía todo su flogisto. En el caso de las cales¹⁸, tras ser expuestos los metales al ambiente se observaba que perdían las características típicas de los metales y que, a diferencia de las plantas, ganaban masa. Esto hizo a los partidarios de la teoría del flogisto introducir el concepto de “flogisto ligero” para explicar ese proceso.

Motivado por este tipo de recursos y con una filosofía principalmente operacionalista, Antoine Lavoisier brinda una explicación distinta según la cual el ambiente es ahora el que se descompone en lugar del reactivo sometido a combustión, agregando algo a dicho reactivo en el cambio químico y aumentando su masa. Esto lo lleva a plantear la *Ley de Conservación de la Materia* que enuncia que “la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma” y representa un cambio de paradigma por las implicaciones teóricas que la propuesta implica.

Lavoisier, a quien suele atribuirse la contribución de incorporar el aspecto operacionalista no innovó en este aspecto, pues esa aproximación había sido sugerida el siglo anterior por Robert Boyle con su filosofía corpuscularista e incluso tiempo antes por Aristóteles con sus sustancias compuestas. Mas la conjunción de sus asunciones clave fueron las que determinaron el futuro de la química. Estas fueron:

1. La supervivencia de los elementos tras el cambio químico.
2. El hecho de que el compuesto (producto del cambio químico) estaba compuesto de los elementos que lo componen.

¹⁸ En el vocabulario de esa época, las cales corresponden a lo que actualmente se conoce como *óxidos metálicos*. Estas se obtenían tras la interacción del principio reactivo en la atmósfera posteriormente denominado *oxígeno*.

3. La composición elemental de un compuesto determina (al menos parcialmente) sus propiedades.

La aplicación de estas asunciones a su línea de pensamiento da razón de sus postulados: el oxígeno está presente en todos los ácidos, por lo tanto, ha de sobrevivir al cambio químico que lleva a la formación de los últimos; el comportamiento químico de una sustancia sirve como guía de su composición elemental; entonces la composición elemental debe estar involucrada en la explicación del comportamiento químico.

Esta introducción de la definición de nuevas sustancias y elementos *a posteriori* remitiendo a sustancias concretas, representaron una modificación a las comunes especulaciones metafísicas *a priori* acerca de los componentes últimos de la sustancia.

En esta fase del desarrollo del concepto “sustancia química”:

Nuevo Mundo está ya determinada por una teoría que explica lo que en él puede encontrarse, lo cual reduce la gama de relaciones causales que puedan ser concebidas por el entendimiento. Esta teoría es la del flogisto y suponerla como verdadera condiciona la experiencia de **Nuevo Mundo**. La propuesta de Lavoisier surge en respuesta de las anomalías que nacían del seno de la teoría del flogisto, por lo que el contenido conceptual en **Verdad**, anterior a la definición de ese **Nuevo Mundo** habría de ser distinta que la de un partidario de la teoría del flogisto. Esto muestra lo fundamental que resulta la representación particular en la reconstrucción del universo de representaciones científicas. A esta introducción de nueva información en la reconstrucción del mundo es a la que denomino “Corrupción (C)” y evidentemente lleva a la traducción de nuevas relaciones causales por el funtor “Entendimiento (E)” hacia **Realidad** que involucran todas las traducciones de *factores espaciales y temporales* que han llevado al sujeto (Lavoisier) a su

propuesta conceptual, es decir, a sus *verdades*. Aunado a ello, **Nuevo Mundo** presenta morfismos o funciones entre sus objetos, como en este caso sería el conjunto de interacciones/reforzamientos entre *factores temporales y espaciales corrompidas* que dan sentido del mismo. Esto, por supuesto, tiene su equivalente en **Verdad** (como *factores temporales y espaciales razonados*) previo a su corrupción y, así como sirve de sostén para el armazón conceptual en **Verdad** se modifica/corrompe para sostener la construcción “ontológica” de **Mundo**, luego se modifican las *realidades* obtenidas tras la aplicación del entendimiento por la adquisición de nuevo contenido que influye sobre las relaciones causales que pueden ahora interpretarse por el entendimiento y, en consecuencia, sigue creciendo el desarrollo del concepto por la modificación del universo de representaciones, tanto intuitivas como abstractas y concretas siendo sólo una remota consideración, mas fundamental causa de la construcción de ese universo, la primera experiencia del contenido del mundo.

Esta teoría no fue aceptada de inmediato y no fue hasta tiempo después que logró aceptarse por la comunidad científica evidenciado el inevitable carácter humano y factores externos a la mera relación mundo-representación que sostiene el modelo por teoría de categorías cuando el sujeto incorpora tras la aplicación de la razón la búsqueda de ese tipo de objetivos, no obstante el consenso y aceptación de un nuevo tipo de representación o conjunto de representaciones para su conversión en una *verdad científica* es imposible sin la comunión de la comunidad en aras de su aceptación.

8. Conclusiones y recomendaciones

El pensamiento filosófico detrás de las labores cotidianas de la química e incluso en la didáctica de la ciencia suelen asumir ingenuamente una postura realista, mas la forma en que el mundo es concebido se encuentra sometido a las formas en que éste puede ser interpretado. Dichas formas son en su forma más básica representación y comenzaron en la interacción del cuerpo con el mundo, es decir, a través de la experiencia. Entonces, el mundo es descubierto sólo *a posteriori* y por medio de las facultades subjetivas de entendimiento y razón; proceso que lleva a su adquisición de valor epistémico. Sin sujeto, el mundo es desconocido e incognoscible, así que, a diferencia del realismo científico, el mundo no sólo se “presenta” ante nosotros, sino que mediante nuestra interacción con él es que le damos significado.

Asumiendo la postura realista, se han definido ya ciertas entidades que (creemos) constituyen parte fundamental de todo el mundo material (*e.g.* átomos, moléculas iones, etc.), pero no hay forma de corroborar que éstas siempre serán las únicas formas de concebir la composición material del mundo, además de que las teorías que han llevado a sostener la existencia de dichas entidades se encuentran sólo subdeterminadas por la evidencia que llevó a su concepción.

La actual concepción del mundo material se encuentra con un tipo de discurso en el cual las relaciones de partidar son parte esencial. Los átomos son parte de la molécula, los iones hidronio e hidroxilo son parte de esta muestra de agua, los cristales de sal de mesa poseen iones cloruro y catión sodio en proporción 1:1 en la red cristalina, por mencionar algunos. Sin embargo, tras mostrar que todas estas entidades y con ello las relaciones de partidar que puedan presentarse entre ellas dependen en gran medida de la concepción del mundo científico contemporánea, entonces resulta aún más fundamental la comprensión del acto de

representar que lleva a la formulación de teorías y conceptos que comienzan a definir lo que “hay” en el mundo.

Debido a que esta tesis está motivada por la elaboración de un lenguaje mereológico por su vasta presencia en el discurso químico, el desarrollo estructural de la representación científica por teoría de categorías sirve como una formalización de las entidades de trabajo que permiten modelar de manera más completa las diversas dimensiones de la dinámica científica y no sólo abren el camino hacia la elaboración de una mereología de la representación científica, sino que expanden el horizonte de estudio de áreas diversas de la filosofía de la química y de la ciencia.

Por consiguiente, el presente trabajo da respuesta a algunos problemas fundamentales de la representación científica fundado siempre en la adquisición de nuevo conocimiento, en el desarrollo histórico de la ciencia y tanto en el crecimiento teórico como tecnológico de la misma, pero abre también campo de investigación en áreas diversas. A continuación, doy un listado de los problemas resueltos por la propuesta y posteriormente otro sobre el campo de investigación abierto por ella:

Problemas resueltos:

1. El problema de la subdeterminación científica se encuentra resuelto por el hecho de ser cada representación conceptual (teoría, concepto, ecuación, etc.) producto de la razón como *verdad* de la *realidad* concebida en el entendimiento. Toda aplicación de la razón acerca de las relaciones causales que el sujeto entiende del mundo lleva a enunciar sólo la *verdad* acerca de su intuición pues ésta (verdad) resulta imprescindible para su futura comprensión del mundo y, en caso de ser aceptada su postura por la comunidad científica, pasa de ser sólo una verdad particular a una verdad científica que servirá para la construcción de nuevo conocimiento. En

resumen, pudo sólo ser una la forma (individual) en que la realidad es conceptuada y la justificación de ello se encuentra en teleología, incluso si dichas causas no son definidas por el sujeto representante.

2. La concepción del mundo científico como inamovible y, al menos ontológicamente, reducido a las entidades físicas resulta ingenua y, aunque digna de trabajar en ella como parte de la ciencia normal kuhniana, es solamente efímera a tiempos largos (años, décadas o incluso siglos). Las propuestas mereológicas acerca del estado del arte actual se ven afectadas por la incompletitud del nexo entre los diversos universos de discurso material (mundo macroscópico, mundo microscópico, mundo nanoscópico, etc.) y es probable que mientras se encuentra el nexo entre las entidades de estos diversos mundos, y éste se comprende en su totalidad, su arquitectura ontológica pueda llegar a presentar alguna anomalía y eventualmente entre en crisis. Por lo que la propuesta mereológica sobre la representación resulta una herramienta útil que, en lugar de ser aplicada a concepciones transitorias, se enfoca en su lugar en una de las entidades fundamentales en la dinámica científica: *la representación*.
3. En el estudio esotérico del mundo científico suele prescindirse de las dimensiones sociopolíticas y psicológicas que involucra esta empresa de fundamental carácter colectivo y, consecuentemente, la modificación de su universo de representaciones no está siempre motivado exclusivamente por su apego a la descripción de una realidad ya que han de considerarse esos factores externos a la pura representación del mundo. Esta pura representación del mundo es solamente un ideal platónico, pues al ser la ciencia una disciplina de fuerte carácter humano, está embebida ya en dimensiones extrínsecas a la relación mundo-concepto. Estas dimensiones

esenciales a la dinámica científica son incorporadas en el modelo por teoría de categorías tras la aplicación de la razón para la formación de representaciones abstractas y es indispensable ya que la aprobación de la comunidad científica requiere de su consideración. Una importante consecuencia es el hecho de que el Nuevo Mundo se encuentra ahora condicionado por consideraciones extrínsecas (factores sociopolíticos y psicológicos) a la ideal relación mundo-concepto.

4. El planteamiento de un lenguaje formal mereológico, como todo lenguaje formal, requiere de una gramática y al ser empleado para modelar alguna teoría requiere de su equivalente en lenguaje natural. Los modelos matemáticos axiomáticos suelen ser bien descritos por el lenguaje de la lógica de predicados (*lógica de primer orden*), y este lenguaje formal ya sirve como plantilla gramatical para la construcción de otro tipo de lenguajes. Así, el desarrollo de un lenguaje mereológico es compatible con la construcción realizada en esta tesis por teoría de categorías.

Áreas de investigación posterior

1. Refinación del estatus metafísico de “Mundo” que explique de manera detallada su relación con el sujeto y sus componentes espacio-temporales.
2. Comprensión prolija de los procesos mentales que ocurren en el entendimiento y la razón en la construcción de realidades y verdades particulares.
3. Precisión acerca de las condiciones de posibilidad de la corrupción del mundo por el contenido abstracto de la razón.

4. Análisis histórico acerca de la adquisición de distintos tipos de representación en ciencia que esclarezcan detalles acerca de su aceptación para su incorporación al modelo por teoría de categorías.
5. Desarrollo de herramientas didácticas que fomenten la reflexión filosófica acerca de la ciencia como disciplina de fuerte carácter social para la formación de científicos conscientes de sus aspectos multidimensionales.
6. Formulación precisa del modelo por teoría de categorías mediante el uso de los aspectos recogidos en los primeros cuatro incisos que aclare el estatus de los morfismos en cada una de las categorías.
7. Construcción de un lenguaje mereológico compatible con el modelo por teoría de categorías.

Estos son sólo algunos de los campos de investigación que abre el desarrollo de esta herramienta y me sirvo de esta tesis para exponer la relevancia de la reflexión filosófica en la comprensión de los aspectos involucrados en el devenir de la ciencia que, mediante su estudio, permitirán hacer del desarrollo de esta empresa un proceso concienzudo en el que tanto filósofos como científicos estén al tanto de sus implicaciones y presupuestos.

Referencias:

1. Asperti, A., Longo, G. (1991). Categories Types and Structures: An Introduction to Category Theory for the Working Computer Scientist, *Foundations of Computing Series*. Massachusetts: MIT Press.
2. Boesch, Brandon (2015). Representation, Scientific. Internet Encyclopedia of Philosophy
3. Chalmers, A. (2012). Robert Boyle (1627-1691). *Philosophy of Chemistry*. 47-53.
4. Garritz, A. *et al* (2013). Una secuencia de enseñanza/aprendizaje para los conceptos de sustancia y reacción química con base en la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. *Educación Química*, **24**(4), 439-450
5. Harré, R. Llored, JP. (2011) Mereologies as the grammar of chemical discourses. *Found Chem* **13**, 63-76.
6. Harré, R., Llored, JP. (2013). Molecules and mereology. *Found Chem* **15**, 127–144
7. Hendry, R. (2012). Antoine Lavoisier (1743–1794). *Philosophy of Chemistry*. 63-70.
8. Kragh, H. (1997). S. M. Jørgensen and His Controversy with A. Werner: A Reconsideration. *The British Journal for the History of Science*, *30*(2), 203-219.
9. Needham, P. (2003). Chemical Substances and Intensive Properties. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 988: 99-113.
10. Needham, P. (2010). A Mereological Interpretation of the Phase Rule. *Philosophy of Science*, *77*(5), 900-910.
11. Needham, P. (2012). The Phase Rule and the Notion of Substance. En: de Regt H., Hartmann S., Okasha S. (eds) EPSA Philosophy of Science: Amsterdam 2009. The European Philosophy of Science Association Proceedings, vol 1. Springer, Dordrecht.
12. Olsson, Erik, "Coherentist Theories of Epistemic Justification", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.)
13. Stanford, Kyle, "Underdetermination of Scientific Theory", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2017 Edition), Edward N. Zalta (ed.)
14. Sukumar, N. (2013). The atom in a molecule as a mereological construct in chemistry. *Found Chem* **15**, 303–309

15. Tanaka, M. (1969). Chemical and Physical Models for Atomistic Notion – Its Conceptual Development in Relation to the Evolution of the Concept of Chemical Substance (Beitrag zur Geschichte der Atomistik IV). *Japanese Studies in the History of Science*, **8**, 125-143
16. van Brakel, J. (2012). Substances: The Ontology of Chemistry. *Philosophy of Chemistry* 6: 191-229
17. Varzi, Achille, "Mereology", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2019 Edition), Edward N. Zalta (ed.)
18. Weisberg, M. (2013). Simulation and Similarity: Using Models to Understand the World, *Oxford: Oxford University Press*