



ISSN: 1699-2849
Registro de propiedad intelectual *safecreative* nº 0910284775023

EL MÉTODO CIENTÍFICO EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA Y SU RELACIÓN CON EL SER.

M^a C. Cabanillas

Planteamiento

La química acompaña al hombre desde el comienzo de la historia y es una de las ciencias que se estudia en los currículos escolares de nuestro entorno. En la actualidad las ciencias en general están muy sobrevaloradas, pues existe un pensamiento muy extendido de que los auténticos saberes son los científicos, estando infravalorados otra serie de co-nocimientos de la realidad. Con este trabajo se intenta poner de manifiesto como la cien-cia tiene sus límites en el conocimiento de la realidad, y cómo desde su enseñanza se pueden poner de manifiesto las carencias de la química en el abordaje de su campo.

1. Introducción histórica

Aunque los procesos químicos han estado al lado del hombre desde la prehistoria (baste recordar el uso del fuego para la cocción de alimentos, el uso de metales y aleacio-nes, el vidrio, la cerámica...), no fue hasta el siglo XVII cuando se puede considerar el na-cimiento de la

química moderna gracias a Robert Boyle y la publicación de su obra *The Sceptical Chymist* en 1761. Los siguientes padres de la química serían Lavoisier, Proust, Dalton etc... Un gran avance en esta ciencia se produce a lo largo del siglo XIX, a esto contribuyó el conocimiento de lo que se denominaron 'leyes fundamentales de la química', que son las siguientes:

Ley de Boyle, publicada en el 1.660: 'Si la temperatura se mantiene constante, la presión de una cantidad fija de gas es inversamente proporcional al volumen que ocupa'.

Ley de Gay-Lussac, publicada en el 1.808: 'Los cambios de volumen que experimentan una cantidad fija de gas son directamente proporcionales a los cambios de temperatura, siempre que se mantenga constante la presión'.

Ley de Lavoisier o de conservación de la masa, publicada en el 1.789: 'En un sistema aislado la masa se mantiene constante, lo que implica que la masa total de reactivos es igual a la masa total de las sustancias que se obtienen tras la reacción'.

Ley de Proust, publicada en el 1.801: 'Cuando dos o más sustancias simples se combinan para formar un determinado compuesto, lo hacen siempre manteniendo la misma proporción entre las masas.

Ley de Dalton, publicada en el 1.803: 'Cuando dos sustancias simples que se combinan formando más de una sustancia compuesta, los pesos de una de ellas que se combinan con un peso fijo de la otra, guardan entre sí una relación dada por números sencillos'.

Ley de los volúmenes de combinación, publicada en el 1.809: 'Cuando se produce una reacción química en la que intervienen gases, los volúmenes de las sustancias gaseosas que intervienen en la reacción guarda entre sí una relación dada por números sencillos'.

Ley de Avogadro, propuesta en 1.811: 'En las mismas condiciones de presión y temperatura, volúmenes iguales de diferentes gases tienen el mismo número de moléculas'.

Para poder entender estas leyes, Dalton propuso una teoría atómica de la materia, que tiene los siguientes postulados:

- La materia está compuesta por átomos que son indivisibles e indestructibles.
- Los átomos de un mismo elemento son iguales entre sí, tienen la misma masa y propiedades. Los átomos de diferentes elementos tienen masas diferentes.
- Los átomos, cuando se combinan en las reacciones químicas, no se dividen.
- Cuando se unen átomos de dos o más elementos distintos se forman los compuestos químicos.
- Los átomos, cuando se combinan para formar compuestos lo hacen guardando relaciones numéricas simples.
- Los átomos de elementos diferentes se pueden combinar en proporciones distintas y pueden formar más de un compuesto.

Con la teoría atómica de Dalton se logran explicar todas las leyes fundamentales de la química. El siguiente gran hito en el avance de la química fue la organización de todos los elementos conocidos en la tabla periódica realizada por Mendeléyev¹, donde los elementos conocidos ocupan un lugar en la tabla periódica, llamado número atómico, que es una cualidad del núcleo atómico, el número de protones que tiene dicho elemento, aunque aún no se conocía la existencia del protón; por eso es más meritorio el trabajo de Mendeléyev.

A partir de la posición que ocupan los elementos químicos en la tabla periódica se pueden predecir los comportamientos de los elementos que hay en la naturaleza y qué tipos de reacciones pueden producirse. La genialidad de Mendeléyev fue dejar 'huecos' en dicha tabla y predecir las

¹ Dmitri Ivánovich Mendeléyev es conocido a nivel científico por haber creado la *Tabla periódica de los elementos*. Él fue capaz de predecir la existencia de elementos no encontrados aún en 1891. Lo más importante que realizó fue encontrar la semejanza entre grupos de elementos, fue capaz de predecir las propiedades de algunos de los desconocidos, en concreto los que debían ocupar las posiciones bajo el boro, el aluminio y el silicio; él los llamó: eka-boro, eka-aluminio y eka-silicio.

propiedades de algunos elementos aún no conocidos, que, al conocerse posteriormente, se vio que esas deducciones eran correctas.

2. Método científico

La química es la ciencia que estudia la materia y considera las distintas sustancias, cuáles son sus propiedades, cuál es su composición y las transformaciones de unas sustancias en otras. El método científico de la química es un proceso intelectual que recurre a examinar objetos y hechos, reúne información, escoge, ordena, confronta y enlaza los datos obtenidos con los fines de explicar la naturaleza y comprenderla.

El simple detallamiento de los fenómenos observados no basta para interpretar las causas y los modos como se producen dichos fenómenos. Cuando la química estudia la realidad, intentando conseguir nuevos conocimientos se comporta como una ciencia pura; en cambio, si persigue fines utilitarios, empleando los conocimientos para beneficiar al hombre, entonces es una ciencia aplicada.

El método científico aplicado a la química intenta saber cómo y de qué forma está constituida la materia, cómo suceden los cambios sustanciales, cuáles son las propiedades de los compuestos etc. Este método procura basarse en hechos objetivos; por tanto, estos hechos deben ser reproducibles en otros lugares, en las mismas condiciones y por otras personas.

Es sistemático, sigue un orden con un propósito. Es analítico, es decir estudia lo que sucede por partes, haciendo reducciones; esto es muy útil para poder tener avances tecnológicos, pero no lo es si queremos conocer la realidad de un modo global. Tiene los siguientes pasos:

a) Observación. Lo primero es darse cuenta o percibir un aspecto de la naturaleza que se quiere entender, por ejemplo, qué sucede cuando se quema madera.

b) Reconocer el problema. Una vez visto el hecho que se quiere entender, hay que plantear cuál es el problema; aquí es importante la curiosidad, en el ejemplo anterior, se puede ver qué ocurre si la madera se quiere quemar en ausencia de aire, o en una campana en la que se introduce un gas elegido.

c) Construcciones de un modelo teórico. Se piensa un modelo que permita explicar esos hechos. Se puede pensar que esa madera necesita nitrógeno para arder.

d) Experimentaciones. Es pensar el modo de realizar una experiencia y ver qué ocurre. En el ejemplo que estamos viendo se intentaría la combustión de la madera bajo una campana donde extrajera el aire e introdujese nitrógeno. Si es cierta la hipótesis, la madera ardería, y si no, no ardería.

e) Análisis de los resultados. Estudiar los datos obtenidos y ver si se cumple o no la hipótesis de trabajo. Siguiendo con el ejemplo, se ve que en atmósfera de nitrógeno no arde la madera. En este caso no se ha cumplido la hipótesis, con lo que hay que volver a reajustar el modelo teórico y volver a empezar. De esta manera podemos observar que el método científico es un proceso circular se inicia con la observación y se van recorriendo etapas; y si los resultados no se ajustan a las hipótesis se vuelve a comenzar.

f) Comunicación de los hallazgos. Es una parte importante del trabajo científico; se realiza a través de artículos, libros, tesis, conferencias etc.

Cuando las hipótesis son probadas por científicos independientes se pueden establecer leyes o teorías: las leyes científicas son generalizaciones, principios o patrones en la naturaleza y las teorías son las explicaciones de estas generalizaciones.

3. La física de causas de Polo²

Polo estudia la física de causas por medio de la segunda dimensión del abandono del límite mental, método de conocer por él descubierto. Con ella se conoce la 'esencia' del universo. Polo la desarrolla en su Curso de teoría del conocimiento, en concreto, en el vol. IV. Para Polo, en esta dimensión hay que concentrar la atención, detenerse en lo más in-teligible para llegar a conocer la realidad, que es menos que el espíritu que la conoce. Este es el conocimiento de los principios físicos (la 'esencia' del universo). Para ello hay que estudiar el principio de causalidad, principio muy mal entendido a veces. De modo simple se puede decir que la causalidad es una cosa que causa otra cosa, pero la denominación 'cosa' depende de la presencia mental, y se emplea cuando aún queda mucho por estudiar en profundidad, pues decir 'cosa' es una limitación, y decir que una cosa causa otra cosa es 'una paradoja', porque la segunda 'cosa' proviene de la primera, salvo el estar fuera de la 'cosa' causante. El problema surge porque hemos objetivado por separado y se entien-de mal la relación causal. La realidad es concausal, hay causas que concausan de distintos modos, dando lugar a las formas que nos encontramos en el universo. Las formas reales no existirían sin los movimientos reales, porque el universo se mueve, no está en presen-te. La presencia mental es la operación intelectual humana preliminar de la inteligencia. Pero en este nivel no se conoce la realidad física tal como ella ocurre, puesto que al abs-traerla la elevamos a las condiciones de la mente. Polo intenta estudiar el universo tal co-mo ocurre, tal como se da en sí mismo, tal como es. Este estudio del universo ha sido tema de estudio de la filosofía desde sus comienzos. Polo también nos dice que cuando conocemos el universo tal como se da realmente, conocemos mejor la creación, la reali-dad, y esto nos lleva a conocer mejor a Dios.

² Cfr. Murillo J.I., "Intencionalidad, causalidad y finalidad", en Sellés, J. F., Zorroza, I. (eds.), *La teoría del conocimiento de Leonardo Polo. Entre la tradición metafísica y la filosofía contemporánea*, Eunsa, Pamplona 2018, pp. 273-287.

Vamos a ver de un modo muy sintético las vías prosecretivas racionales tras la abs-tracción. Lo primero es preguntarse si puedo conocer la realidad. Cuando observo la realidad, en mi mente se forman los abstractos. Pero a través de la pugna del hábito abs-tractivo con la realidad (los hábitos conocen operaciones, no objetos), devuelvo el abstrac-to a la realidad a través de la operación concebir y noto que en la realidad está la sustan-cia hilemórfica. Podemos preguntar: ¿cómo se plasma la forma en la materia? Polo no habla de materia y de forma; él habla de causa material y de causa formal. Para que la causa material se plasme en la causa formal es necesaria la causa eficiente, externa; por tanto, tenemos una tricausalidad. Y para que esto ocurra, debe existir un movimiento transitivo o continuo, que acaba cuando la forma queda plasmada en la materia, y en ella se da un retraso mínimo. Como compensación de la operación de concebir obtengo el ob-jeto conceptual o universal lógico. Este concepto es intencional.

A partir de los conceptos obtenidos en esta primera pugna y con el hábito conceptual (o de analogía) vuelvo a pugnar con la realidad a través de la operación de afirmar o jui-cio, y en la realidad encuentro la tricausalidad; aquí la causa eficiente no es externa, sino interna; encuentro el movimiento circular y la sustancia y los accidentes. El resultado de la compensación de la pugna es el objeto judicativo, o afirmación o proposición. Por tanto, la afirmación también es intencional.

La operación de afirmar tiene un hábito, el hábito judicativo o de ciencia. Cuando és-te pugna con la realidad obtengo la operación de fundar, y el objeto compensado que se obtiene pugnando es el fundamento de la concausalidad; a nivel racional son los primeros principios lógicos³. La mente no puede pugnar más; sólo queda abandonar

³ Los primeros principios lógicos son: el principio de no contradicción, las cosas no pueden ser contradictorias; el principio del tercero excluido: no hay medio entre el ser y no ser; y el principio de identidad: el ente es. Estos no son en la razón equivalentes a los primeros principios metafísicos advertidos en la primera dimensión del abandono del límite mental por medido del hábito innato de los primeros principios.

el límite mental por la dimensión primera del abandono del límite y advertir la persistencia.

4. Comparativa de la química con la física de causas

La química es muy amplia, pues incluye desde el estudio de las partículas más elementales que forman la materia inerte, el estudio de las sustancias elementales y la combinación de estas para formar otras: los compuestos. Los compuestos se pueden presentar en distintos estados físicos: gaseosos, líquidos y sólidos, dependiendo de las condiciones de presión y temperatura.

Todo lo que nos rodea tiene una composición química: desde la atmósfera que respiramos, el agua de los mares, las montañas que nos rodean y, por supuesto, los seres vivos y, además, estamos nosotros los hombres, que somos las únicas criaturas capaces de habitar el universo.

Cuando en química nos planteamos la constitución de la materia sabemos que tenemos 103 elementos de los cuales se obtiene todo el universo físico. Los elementos son átomos cuya característica principal es el número de protones que contiene en su núcleo; esta cualidad le da a cada elemento unas características distintas que se pueden predecir y un 'modo concreto' de comportarse químicamente. No es que el átomo sea la unidad menor de materia; actualmente se sabe que los átomos están formados por partículas elementales como son los quarks, los electrones, los neutrinos etc., pero las sustancias que conocemos en el universo están formadas por esos elementos químicos. Para hacer este estudio cabe detenerme en tres aspectos:

a) Estudiar cómo es la composición de la materia. Esto nos llevará al estudio de las mínimas partículas que la forman; esto entra dentro del campo de la química-física; es el campo que estudia donde la física y la química se unen, siendo la mecánica cuántica la que da explicación de ello.

b) Estudiar la materia inerte. Este campo lo estudia la química inorgánica. General-mente, las herramientas, los utensilios, los minerales, el aire, las montañas entra en éste campo.

c) Estudiar la materia viva. La química orgánica es la que la estudia en parte, pues reducir el estudio de lo vivo exclusivamente a esta parte de la química es caer en un gran reduccionismo.

a) Estudio de la composición de la materia

Antes se ha hablado del modelo atómico de Dalton, que surge para explicar las leyes fundamentales de la química; éste modelo ha ido cambiando según ha ido avanzando la ciencia; así, después del descubrimiento del electrón por Thomson, este propuso un modelo atómico. Haciendo una analogía con un bizcocho con pasas, se diría que el átomo estaría formado por una masa de carga positiva y en ella estarían colocados los electrones, que tienen carga negativa, en suficiente cantidad para que el átomo no tuviese carga.

Posteriormente Rutherford cambió el modelo para poder explicar los resultados que obtuvo al bombardear una lámina metálica muy fina con partículas α . Propuso que el átomo era prácticamente hueco: en el centro estaría la carga positiva y la masa del átomo y a su alrededor girarían los electrones, éstos tienen una masa sumamente pequeña, es un modelo análogo al de un sistema planetario. Según fueron recogiendo datos, el modelo atómico fue cambiando, existiendo los modelos atómicos de Bohr, Sommerfeld, Schrödinger, y las correcciones de Dirac.

El modo como el hombre conoce lo sensible es por abstracción. Al observar el universo aparece en el sujeto la 'especie impresa', que es la iluminación del objeto que recibo como 'especie impresa' en algún sentido, y de ahí obtengo el abstracto, y más adelante obtengo conceptos. Pero en química muchas veces carezco de la especie impresa, porque ¿cómo puedo observar un quark o un electrón? No puedo, en mecánica cuántica se le asigna una función de onda, pero ¿esa función de onda es real, se

refiere a la realidad? Esta pregunta está sin resolver; si es real no sabemos cómo es; estamos tocando 'el realismo científico'⁴, sobre el que no hay acuerdo entre los físicos cuánticos. Hay dos posturas: los que piensan que lo único que hay son logros matemáticos, y los que piensan que tiene que existir algo de realidad subyacente a las matemáticas. Este problema es bien distinto al de la referencia sensible de los conceptos, pero es un problema de la física de hoy; de momento no podemos demostrar la realidad que hay ahí. Ante este problema de no saber exactamente qué realidad subyace bajo estas matemáticas es bueno volver la mirada a la filosofía y recurrir a la noción de 'causa'.

Aristóteles dice al final del libro VII de la *Metaphysica* que la sustancia es causa. Para Aristóteles la sustancia real es individual y no observable, pues lo que se observa son los accidentes. Esto es una muestra de que la realidad física no es enteramente sensible. Nos podemos preguntar: ¿existe lo que no impresiona nuestra nuestros sentidos? Polo piensa que sí, puesto que pueden existir realidades que no manden especies impresas.

b) El estudio de la materia inerte

En este punto nos podemos plantear cómo es el modo de conocer las realidades que se perciben por los sentidos. A lo largo de la historia los filósofos se han planteado si podemos conocer la realidad de las cosas; a groso modo hay filósofos que han respondido que sí: "los realistas"; para ellos lo que conozco es real. Otros han respondido que no: "los idealistas"; para ellos no puedo conocer la realidad. Polo⁵ supera ambas posturas y afirma que puedo conocer la realidad pero que el conocimiento que alcanzo a través de lo real a través de la inteligencia no coincide con lo que la realidad es en sí misma, aunque una persona normalmente

⁴ Cfr. Polo, L., *El conocimiento del universo físico*, EUNSA, Pamplona, 2015, pp. 395-397.

⁵ Cfr. Falgueras, I., *Modulo 1*, en *Curso de Formación Superior en la Filosofía de Leonardo Polo*, Clase magistral.

constituida, sin fallos a nivel de los sentidos lo que conoce es intencional, es decir, que lo que percibe está íntimamente relacionado con lo real. Los conocimientos objetivos son intencionales, los tomo del mundo y le doy algo que no tienen, pero remiten al lugar de donde los hemos tomado. El objeto conocido indica de dónde ha venido y eso es la intencionalidad. Así, cuando veo una fotografía tomada por otra persona de un lugar en el que se ha estado, se puede reconocer, o mejor dicho, saber cuál es el lugar.

Polo estudia muy a fondo como es el conocimiento humano. Encuentra que al conocer el hombre le otorga a las cosas conocidas otra índole de la que en realidad tienen, y se producen una serie de ocultamientos y oscurecimientos en dicho conocimiento. Al conocer, las cosas yacen ante mi mirada y las convierto en objeto pensado; ese objeto está en mi mente y está fuera del tiempo, es atemporal; soy yo el que lo ilumino y lo objetivo, y mi actividad queda detenida en el objeto pensado. Esta es la primera operación de la mente, que es la abstracción, y todo mi conocer racional es posterior a esto; con la abstracción le doy a lo pensado la presencia, que es algo que no tiene la cosa realmente y, por tanto, la estoy realizando. En la realidad las cosas son fugaces; al detenerlas en mi mente les doto de una índole inmóvil estable. En la abstracción se pierde la realidad de lo conocido tal como lo real es y, sobre todo, se pierde la actividad del cognoscente; al conocer, el objeto conocido queda detenido, acabado, terminado. Al conocer en el primer nivel pierdo la índole de la realidad, porque le doy presencia ante mí mismo, le transfiero lo que es mío, la presencia mental, y el objeto pensado se queda como presentado por la presencia, tan resaltado que impide ver como son las cosas, las cuales son cambiantes, y esto me lleva a los ocultamientos; estos serían:

1. Se oculta la índole de la realidad, porque lo conocido se presenta como quieto, cuando en la realidad todo es movimiento; conozco como yo lo presento, no como es en la realidad.

2. La actividad del cognoscente, pues el objeto lo ilumino yo con mi luz, pero el objeto no es quien causa mi conocimiento. Pienso que soy pasivo al conocer.

3. No conozco el ser del universo porque presento los objetos como estables, que permanecen siempre, y no pienso de dónde surgen estas cosas. Si su realidad es movimiento, tengo que buscar los primeros principios, y no pensar que las cosas se mantienen por sí mismas.

4. Queda oculto el ser del cognoscente, que sería pasivo al conocer y no me planteo quién soy yo, no me planteo que esa operación parte de un ser que es mucho mayor que la operación.

Para avanzar en el conocimiento, hay que darse cuenta de que con el conocimiento objetivo no se llega a todo; hay un límite y entonces hay que partir de ese límite para ir más allá de él, siendo el pensamiento objetivo el punto de partida. Para Polo hay dos tipos de conocimiento: el conocimiento objetivo y los conocimientos transobjetivos; no hay nunca un único saber humano, el saber es siempre plural y creciente.

En química la materia inerte se estudia a través de sus propiedades físicas que son medibles y que las caracterizan: punto de fusión, de ebullición, densidad etc., y de sus propiedades químicas: cómo se comporta ante diferentes sustancias, como es su modo de reaccionar... En general, aquí entrarían todas las leyes fundamentales de la química, que ya se han visto anteriormente en la introducción histórica.

La mayoría de la materia inerte es de naturaleza inorgánica, aunque también hay materia inerte de naturaleza orgánica, es decir, sustancias cuya base es carbono; esto ocurre porque los nombres de orgánico e inorgánico son 'históricos'. Realmente la química orgánica debería llamarse química del carbono. Ejemplos de sustancias inertes de naturaleza orgánica son los plásticos, los aromas empleados en la fabricación de perfumes y un largo etc.

c) El estudio de la materia viva

Toda la materia viva se basa sobre la química del carbono. Este elemento permite la formación de moléculas muy variadas; en un extremo las tenemos con un número pequeño de átomos, y en el otro extremo tenemos moléculas con gran número de átomos las macromoléculas.

Gracias a las propiedades químicas del carbono se pueden formar estructuras muy diversas, pueden ser planas, como el benceno y las sustancias en las que hay muchos anillos bencénicos condensados o pueden ser largas cadenas, donde se unen átomos de carbono con enlaces sencillos, lo que permite que se puedan ir enlazando con otros tipos de elementos o grupos de elementos, formando así las estructuras celulares, las proteínas, los genes, los aparatos y sistemas orgánicos...

Quiero poner el foco de atención en lo que se llama el fenómeno de los isómeros ópticos; intentaré explicarlo lo más breve y sencillamente posible. Podemos imaginar que el átomo de carbono ocupa el centro de una pirámide tetragonal, y en cada uno de sus vértices puede haber un átomo de hidrógeno o un grupo carboxilo o hidroxilo o un radical alquilo etcétera. Cuando en cada vértice se sitúa un átomo o grupo de ellos de manera que los cuatro vértices son diferentes, entonces ese átomo de carbono es asimétrico⁶ y se dan los isómeros ópticos; puedo tener dos compuestos químicos con idéntica composición química, pero son imágenes especulares, como ocurre con nuestras manos, que nunca se pueden superponer.

La existencia de isómeros ópticos fue descubierta por Louis Pasteur en 1848 y de un modo casual: cristalizó tartrato de amonio y sodio en el laboratorio y observó que los cristales eran imágenes especulares unos de otros, los separó manualmente, con unas pinzas, y por separado los diluyó y estudio sus propiedades físicas, resultando que todas ellas eran

⁶ Un carbono asimétrico, también llamado estereogénico o quiral, es un átomo de carbono que está enlazado con cuatro sustituyentes diferentes. Se presenta en diversos compuestos orgánicos, y en los que están presentes en los seres vivos, como los glúcidos.

iguales salvo una: al ser atravesada la primera disolución por un rayo de luz polarizada, éste era desviado unos grados a la derecha y al atravesar la segunda el desvío era en la misma cantidad de grados pero a la izquierda. Cuando mezclaba ambas disoluciones el rayo de luz polarizada que atravesaba dicha mezcla no era desviado. A causa de esta propiedad de desviar el rayo de luz polarizada es por lo que dichos compuestos reciben el nombre de isómeros ópticos.

Existe una hipótesis sobre el origen de la vida: lo que denominan, entre otros nombres, como caldo primigenio, o primordial, o también sopa primitiva o prebiótica; suponen que la situación que se dieron en el origen de los tiempos podrían causar moléculas orgánicas y por evolución obtenerse la vida.

Stanley Miller realizó en 1953 un experimento: mezcló agua, metano, hidrogeno y amoniaco en un recipiente; intentó simular las condiciones que se dieron de un modo primitivo en la Tierra, y a la semana obtuvo aminoácidos y otras moléculas orgánicas sencillas.

Lo llamativo es que en el laboratorio se obtienen una mezcla de los dos isómeros al provocar una reacción química (lo que se llama una mezcla racémica); en cambio, en los seres vivos puedes relacionar todos los compuestos orgánicos que forman esa planta o animal sólo con el D gliceraldehido⁷, no existiendo en ningún momento relación con el L gliceraldehido. Este hecho no puede ser una casualidad, sino que indica que debe existir una causalidad que lo ha hecho posible.

Otro hecho que también nos indica que en el estudio de la química no se tiene en cuenta toda la realidad son los efectos secundarios que los medicamentos producen en las personas que los usan. La razón es que para su diseño se tienen en cuenta un número acotado de variables, pero nunca se considera que el organismo sea sistémico, porque no se podría

⁷ El D gliceraldehido es el primer monosacárido que se obtiene durante la fase oscura la **fotosíntesis**, el llamado **ciclo de Calvin**, y es un paso intermedio en otras rutas metabólicas, por ejemplo la glucólisis.

hacer el estudio de su eficacia, por la sencilla razón de ser tantos los parámetros distintos a estudiar. Y un último apunte que ilustra la diferencia entre el estudio analítico y el sistémico puede ser el siguiente ejemplo: un coche lo puedo desmontar y volver a montar y funcionar perfectamente por estar formado por piezas, pero eso es imposible de hacer en un ser vivo, pues si lo despiezo luego es imposible recomponerlo: no existen los Frankenstein.

Conclusiones

Lo que ocurre en la realidad, en el ser extramental, no se puede explicar exclusivamente desde una perspectiva analítica, que es la que se presenta en el método científico, pues lo que se emplean son modelos que explican la realidad del mejor modo posible y que son reemplazados cuando aparecen nuevos datos que los contradicen. Este método falla al estudiar lo que ocurre en la composición de la materia a nivel de partículas elementales, pues los físicos teóricos no tiene claro lo que ocurre a nivel subatómico, aun cuando matemáticamente obtienen buenos resultados.

Sucede igual al estudiar lo que ocurre con la materia inerte: hay campos que no se pueden explicar.

Cuando estudiamos la vida, que nunca se puede reducir a una sucesión ordenada de reacciones químicas, éste problema se agudiza aún más.

Por tanto para poder conocer el ser extramental hace falta dar un salto del método analítico al método sistémico, e intentar comprender qué dice la filosofía para poder dar razones más profundas.

Es importante que los estudiantes de química entiendan las limitaciones de su método. Cuando se quiere conocer el ser extramental es preciso darse cuenta de que no se puede olvidar el estudio de la concausalidad, y ésta entra dentro de la física de causas.

Bibliografía:

Calvo Rebollar, M. Construyendo la Tabla Periódica. Prames, Zaragoza. 2019. pp. 242-269.

Morcillo, J. (1989). Temas básicos de química (2ª edición). Alhambra Universidad. p. 11-12.

Polo Barrena, L. El conocimiento del universo físico. (1ª Ed.). Eunsa. Pamplona. 2015.

Polo Barrena, L. Curso de teoría del conocimiento IV. (1ª Ed.). Eunsa.