

¿CAMBIO QUÍMICO O FÍSICO? LA CLASIFICACIÓN EN EL CAMINO DEL APRENDIZAJE

Guillermo Restrepo Rubio.

RESUMEN

Los estudiantes de cursos universitarios de química general normalmente presentan inconvenientes para asimilar los conceptos fundamentales de la clasificación de la materia. En este artículo se hizo un análisis de la base conceptual necesaria para entender tal clasificación y se concluyó que estos cimientos no son sólidos y muestran ambigüedades, razón por la cual el estudiante presenta dificultades al enfrentar este tema.

Palabras claves: Cambio químico, cambio físico, cambio matemático, clasificación de la materia.

SUMMARY

Students of university courses in general chemistry usually show inconvenients to assimilate fundamental concepts about matter classification. In this paper an analysis of conceptual base was done, which is indispensable to understand that classification. Hence, it was concluded that these foundations are not strong and they show ambiguities, it is the reason why the student shows difficulties when he studies this theme.

Keywords: Chemical change, physical change, mathematical change, matter classification.

Todas las ideologías, teorías y religiones parten de premisas que son aceptadas a priori por el que las sostiene desde sus preferencias, no porque sean necesarias

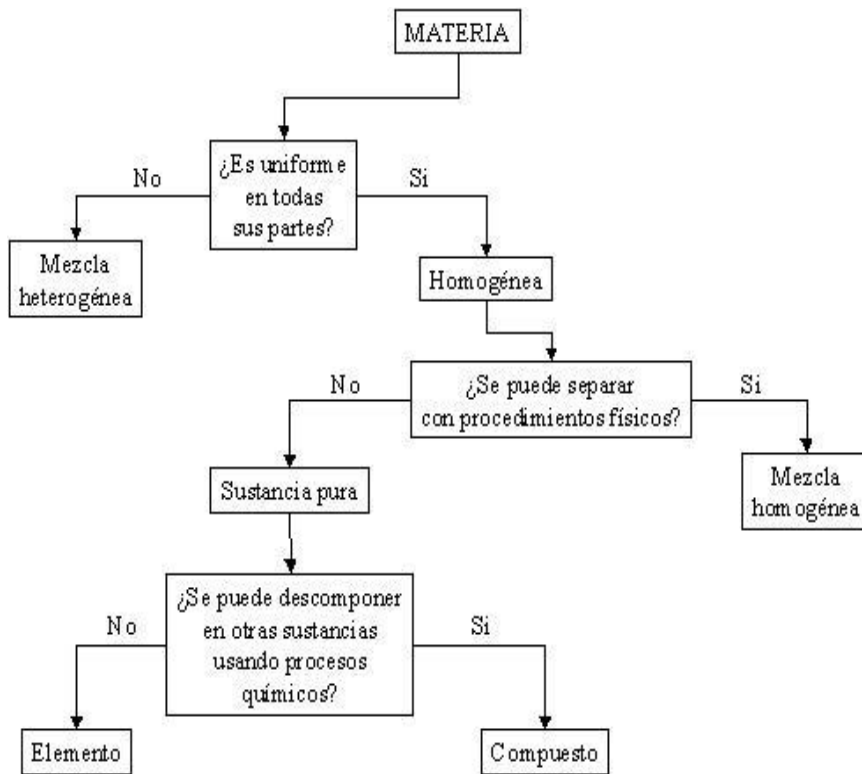
Humberto Maturana

INTRODUCCIÓN

En cursos universitarios de química general, uno de los primeros temas que se trata es el de la clasificación de la materia. Los textos que usualmente se siguen para el desarrollo del tema muestran que la materia puede clasificarse como mezcla, compuesto y elemento. Con frecuencia son numerosos los estudiantes que sufren confusiones a la hora de intentar catalogar cualquier trozo de materia. Gran parte de este artículo está dedicado a estudiar cuál es la razón por la cual esta "simple clasificación" no es tan sencilla para el alumno.

1. CLASIFICACIÓN USUAL DE LA MATERIA

En varios libros[1] se mecaniza el análisis para establecer qué grupo contiene a la materia, o trozo de materia, en cuestión. El esquema de clasificación general es el siguiente (Esquema 1):



Esquema 1. Clasificación de la materia según su comportamiento físico y químico[1].

Las tres preguntas que aparecen en el esquema anterior pueden a su vez clasificarse en dos grupos, el primero sólo contendría la relacionada con la uniformidad y el segundo las relacionadas con los procesos.

1.1. La uniformidad

Para resolver la pregunta del primer grupo basta con contemplar la materia sin necesidad de intervenirla, como sí ocurre en la búsqueda de respuestas para las del segundo grupo. Es decir, para saber si el trozo de materia es uniforme, lo único que hay que hacer es observarlo de forma natural (con nuestros ojos)[2], mientras que para saber si se descompone por procesos físicos o químicos es necesario examinarlo mediante otras técnicas, como la aplicación de altas presiones y el calentamiento, que en este caso no son naturales, sino producto del progreso técnico humano.

Este es un primer punto de discusión, pues muchos pueden considerar como criterio de uniformidad la vista, pero otros, por ejemplo, el tacto y lo que para los primeros parece uniforme, para los segundos puede no serlo. Un caso donde puede presentarse esta dicotomía es en la clasificación de una pieza de vidrio de color degradado (Figura 1).



Figura 1. Pieza de vidrio coloreada

El que únicamente lo ve puede pensar que como el color no está uniformemente distribuido, el material no es uniforme, pero el que lo toca, sin verlo, puede sentirlo homogéneo y concluir que es un material uniforme. El lector puede pensar que éste es un caso hipotético puesto que lo usual es tocar y observar el material al mismo tiempo, mas si al estudiante no se le aclara desde el comienzo cómo puede medir las propiedades del material, puede caer en estas confusiones[1].

1.2. Procesos físicos y químicos

Dos de las tres preguntas que se deben hacer para organizar la materia están en el segundo grupo; estas son las relacionadas con las ideas de procesos físicos y químicos, razón por la cual es indispensable estudiarlos.

Es necesario decir que los procedimientos físicos y químicos son los que involucran cambios físicos y químicos respectivamente. Un ejemplo sencillo que ilustra la diferencia entre cambios físicos y químicos es el mencionado por Erwin Schrödinger[2]: Nos han enseñado a distinguir cuidadosamente entre a) un cambio físico, tal como la fusión o la evaporación, en el cual son preservadas las moléculas (el alcohol etílico, por ejemplo, ya sea en forma sólida, líquida o gaseosa, siempre está compuesto por la misma molécula, C_2H_5OH) y b) un cambio químico, como por ejemplo la combustión del mismo alcohol,



donde una molécula de alcohol y tres moléculas de oxígeno son sometidas a una reorganización para formar dos moléculas de dióxido de carbono y tres moléculas de agua.

Así, es común decirle al alumno que el cambio físico es cualquier proceso que conserva la identidad del trozo de materia y el cambio químico todo proceso que destruye la identidad del mismo.

Partiendo de las definiciones anteriores y tomando como objeto de estudio el agua, según el esquema 1 se concluye que es un compuesto, ya que por medios químicos es posible separarla (agregándole una pequeña cantidad de sodio o aplicándole una energía igual o superior a los 4,8 eV[1]). Es importante recalcar que el proceso químico no necesariamente involucra la participación de dos trozos de materia, sino que en general es un proceso de transferencia de energía, ya sea para establecer nuevas conexiones entre trozos de materia o para destruir las establecidas, pero siempre será un proceso de pérdida de identidad de la materia que lo sufre. Una vez definida el agua como compuesto es posible continuar aplicando el criterio de

clasificación del esquema 1 a cada pieza que conforma al agua y se llega a nuevos trozos de materia (por la ruta del proceso químico). Cada nueva parte de materia se puede ingresar al esquema 1 y así se llega a las partículas que la física actual considera como fundamentales (Esquema 2).

Ahora bien, en química se dice que cuando dos átomos tienen una relación de conectividad, permanente durante un cambio físico, están enlazados químicamente. Es decir, se piensa el agua líquida como H_2O , un oxígeno conectado a dos hidrógenos. Además se cree que cuando ésta hierve (cambio físico), sigue siendo H_2O , con las mismas conexiones entre átomos[1]. Como los átomos son trozos de materia, podemos extrapolar la definición de enlace químico y decir que éste es la relación de conectividad entre, como mínimo, dos trozos de materia (no necesariamente átomos)[2]; relación que genera una identidad para el conjunto de porciones de materia en cuestión. La identidad se pierde si alteramos la relación de conectividad entre las piezas de materia, en otras palabras, si efectuamos un cambio químico. Si aceptamos lo anterior como premisa, entonces los quarks están enlazados químicamente y dependiendo de las relaciones de conectividad entre ellos se tienen protones o neutrones[3] (compuestos químicos)[4].

Esta puede ser una segunda explicación de por qué el estudiante encuentra complicado clasificar algunos trozos de materia, tal vez distinguir entre un cambio físico y uno químico no es del todo algo sencillo, tal vez la química actual no tiene las herramientas suficientes para hacer estas clasificaciones.

En 1943 Erwin Schrödinger al publicar su libro ¿Qué es la vida?, dejó entrever la pregunta sobre los cambios físicos y químicos, hoy casi sesenta años después, aún no tenemos solución.

2. CLASIFICACIÓN DESDE LO FÍSICO Y LO QUÍMICO

Mas, cabe otra pregunta, ¿por qué en los textos de química general se parte de la premisa de los procesos físicos y químicos? ¿De dónde surgió la necesidad de establecer estos dos tipos de cambios? Ante esto se puede decir que muy seguramente algún día, hace varios millones de años, cayó un rayo sobre un bosque y el árbol dejó de ser árbol para convertirse en un montón de cenizas humeantes. Quizá así se descubrió el fuego, pero mejor aún, así posiblemente nació la pregunta ¿de qué están hechas las cosas? Los que se dedicaron al estudio de las transformaciones de tiempo corto[5], años después se llamaron químicos y los que estudiaron la naturaleza considerándola inmutable se llamaron físicos. Los segundos encontraron que el hielo de la superficie de los lagos en invierno se parecía en algo al agua del lago en verano, cuando tomaban hielo y lo introducían en su boca este se transformaba en líquido y sabía igual al agua que tomaban de los lagos, así pues, concluyeron que el hielo y el agua eran la misma cosa, un trozo de materia inmutable. Así como ellos cuando iban de un lugar a otro seguían siendo los mismos, igual podía suceder con el agua. Para los primeros (los químicos), el agua, inmutable para los físicos, se podía descomponer en dos gases muy diferentes al hielo y al agua del lago. Por lo que argumentaron que el agua no era inmutable eternamente. Así, los químicos organizaron el mundo que veían como producto de procesos que transformaban la naturaleza de las cosas y los físicos como producto de procesos que no transformaban la naturaleza de las cosas.

Posiblemente de esta forma ha llegado hasta nuestros días la clasificación dual del mundo según sus cambios.

Si volvemos al agua, se tuvo que esperar hasta que el agua sólida de los lagos fuera líquida para comprobar que su composición era la misma de la líquida del lago. Fue necesario transformar el sólido en líquido para decir que era igual al líquido. Lo mismo sucedió con el vapor de agua, tuvimos que condensarlo para probar que era la misma agua líquida. ¿Por qué, si vemos diferente al agua sólida de la líquida, no las podemos considerar como sustancias diferentes?, sería lo más normal pensar así; vemos un árbol y luego lo encontramos convertido en cenizas y sí decimos que son dos cosas diferentes. Argüimos que lo ocurrido es que las cenizas tienen propiedades medibles diferentes a las del árbol, las primeras son deleznable y el segundo es compacto. ¿Lo mismo no sucede con el agua líquida y la sólida?, ¿no tienen diferente densidad? ¿Por qué tenemos que creer que el agua líquida y la sólida son lo mismo?

3. ES POSIBLE REDUCIR LOS PROCESOS FÍSICOS Y QUÍMICOS A UNO SOLO

Desde 1800 se sabe que el agua está compuesta por hidrógeno y oxígeno, pero no ha sido sino hasta finales del siglo XX que se ha podido estudiar el hielo en su configuración sólida sin necesidad de llevarlo a líquido[6] y se ha encontrado que para tenerlo como hielo es necesario, como mínimo[7], organizar seis grupos de H_2O [8]^[9], con unas relaciones de conectividad determinadas, lo que equivaldría a escribir $H_{12}O_6$. De manera análoga se ha encontrado que el agua líquida presenta esta configuración sólo para agrupaciones desde dos veces H_2O , es decir H_4O_2 , hasta cinco, $H_{10}O_5$, si se disponen guardando ciertas relaciones de conectividad; y finalmente el vapor de agua ha presentado una composición de una a dos veces H_2O , por lo que es posible concluir que estos tres trozos de materia son cosas diferentes, como lo son el árbol y la ceniza. Entonces, cabe decir que un buen punto de partida, tanto para el estudiante como para el docente encargado de pensar acerca de la materia, es imaginar la materia como compuesta por múltiples trozos, donde no hay cambios físicos ni químicos sino simples procesos que alteran las relaciones de conectividad establecidas entre cada uno de los trozos. El hielo, el agua líquida y el vapor de agua tienen algo en común, una relación aritmética, por cada átomo de oxígeno hay dos átomos de hidrógeno, es decir H_2O (fórmula empírica), mas esto no asegura que el hielo, el agua líquida y el vapor de agua no sean asociaciones diferentes con distintas conectividades. En síntesis, no niega la posibilidad de que el hielo sea $H_{12}O_6$, el agua líquida $H_4O_2 - H_{10}O_5$ y el vapor de agua $H_2O - H_4O_2$. Es decir, que los únicos procesos que existen son procesos matemáticos.

4. IMPORTANCIA DE LA CLASIFICACIÓN

Hasta este punto se ha encontrado que el "simple proceso clasificatorio" de la materia, no es un proceso totalmente elaborado y que además adolece de ambigüedades. Así, surgen entonces algunas preguntas: ¿es necesaria la clasificación?, ¿habrá estado equivocada la humanidad hasta ahora al intentar clasificar la naturaleza?

Se sabe que los griegos aborrecían el desorden, el caos. Gran parte de su pensamiento se basa en ordenar el mundo, tal vez ese sea un viejo legado que la humanidad aún conserva y es por ello que en todo momento estamos ordenando y clasificando nuestras percepciones; desde que despertamos y miramos el cielo para saber si es de día o de noche, hasta cuando probamos un alimento y decimos que es dulce, salado o amargo. Estamos clasificando en todo momento[10].

Por otra parte Auguste Comte en su Discurso sobre el espíritu positivo, arguye que la única posibilidad de progreso para la humanidad está en la clasificación, pues según él “[hay] una identidad fundamental que existe inevitablemente entre la evolución individual y la evolución colectiva[11]”. En otras palabras, si determinamos que un nuevo objeto pertenece a alguna clase ya establecida en nuestro sistema de clasificación, podemos aplicarle a este nuevo objeto lo que ya sabemos de la clase a la cual pertenece y en el mejor de los casos encontrar propiedades nuevas de este objeto que sirvan para nutrir a las de la clase a la cual pertenece.

Si no clasificáramos tendríamos una visión del mundo extremadamente particular, cada percepción sería un objeto mental y no encontraríamos regularidades entre ellas, luego el avance del conocimiento sería mínimo, nos convertiríamos en un personaje “memorioso” borgesiano.

Por otra parte Schummer, editor de la primera revista de filosofía de la química, en un artículo titulado The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach[12], hace hincapié en la importancia de la clasificación para la ciencia. A groso modo, lo que el autor pretende mostrar es que la clasificación es indispensable ya que nos permite hablar acerca de los objetos empíricos sin ambigüedades y nos permite diferenciarlos. Así pues, sí es importante la clasificación y es una actividad constante en la raza humana que permite ampliar el conocimiento, por tanto, si la intención del hombre es el conocimiento de su entorno, la clasificación es la senda correcta.

5. DESDE DÓNDE CLASIFICAR

Ahora, si retomamos la cuestión central de este documento, los cambios de la materia, según lo expuesto anteriormente, es necesario establecer diferencias para construir el conocimiento y además como se discutió antes, la mejor diferencia no es entre lo físico y lo químico, pero tampoco podemos reducir todo a lo matemático, pues no haríamos ningún proceso clasificatorio.

En este momento se sabe que es necesario clasificar para construir el conocimiento, mas no hay claridad con respecto a cuáles son las clases básicas que se deben tomar para estructurar la clasificación de la materia.

CONCLUSIÓN

Es posible decir que la dificultad del alumno de química al intentar clasificar la materia tiene una causa conceptual, y no es falla suya sino de la química en sí y de todos los que en ella participan. Parece ser que las bases teóricas sobre las que se fundamenta esta ciencia no están del todo consolidadas[13]. En el caso específico de la clasificación de la materia se encontró que analizarla desde el punto de vista químico y físico no brinda una estructuración rigurosa y por otra parte que la clase química y física pueden reducirse a una sola que es la matemática, lo cual implica que los procesos químicos y físicos pueden reducirse a procesos matemáticos. Por otra parte se justificó la necesidad de establecer sistemas de clasificación formales con base en la necesidad de avanzar en el conocimiento de la naturaleza. Finalmente queda abierta la pregunta sobre cuáles son las clases idóneas sobre las cuales se pueda estructurar un sistema clasificatorio de la materia, que no sea desde las ambiguas ideas de lo físico y lo químico.

El lector podrá pensar que la discusión hecha en estas páginas muestra un problema fundamental de la química, con el cual se justifica uno de los inconvenientes del estudiante de química, pero en el artículo no se plantea ninguna solución, y así es, mas la situación no es desalentadora, todo lo contrario, exhorta a participar en la cimentación de una ciencia que comparada con la física y las matemáticas está en su período infantil. Por esta razón, lo mejor que pueden hacer las personas interesadas en la química y especialmente los docentes es invitar al alumno a esta reflexión, y no cometer el error de tratar de pasar rápidamente por situaciones embarazosas que no tienen una explicación clara, sino por el contrario, mostrarle los puntos críticos de las ciencias e incentivarlo a formular soluciones, ese es el objetivo de la docencia universitaria.

[1] Más adelante se hará hincapié en que lo único que se conserva del agua cuando ella hierve es su relación aritmética o fórmula empírica H_2O , pero esto no es condición necesaria para asegurar que la fórmula molecular del líquido y del vapor sea la misma.

[2] Desde 1980, el concepto de enlace químico se ha cuestionado ampliamente y hoy es fuente de profundos debates.

[3] Un protón es la unión de dos quarks arriba y uno abajo. Un neutrón es la unión de dos quarks abajo y uno arriba.

[4] La dificultad en la definición de elemento no es de nuestra época, en cada momento histórico se ha planteado una definición. El genial Lavoisier no fue ajeno a esta discusión y al respecto escribió: *Todo lo que se puede decir sobre el número y la naturaleza de los elementos se limita –según pienso– a discusiones puramente metafísicas: son problemas indeterminados los que se tratan de resolver, que son susceptibles de una infinidad de soluciones, pero que, muy probablemente, ninguna en particular está de acuerdo con la naturaleza. Me concentraré, por lo tanto, con decir que si por el nombre de elementos, entendemos designar las moléculas simples e indivisibles que componen los cuerpos, es probable que no los conozcamos; que si, por el contrario, atribuimos al nombre de elementos o de principios de los cuerpos la idea del último término al que llega el análisis, todas las sustancias que no hemos podido descomponer todavía por ningún medio, son, para nosotros, elementos; no significa que podamos asegurar que estos cuerpos que consideramos como simples no sean ellos mismos compuestos de dos o incluso de un número más grande de principios, pero dado que estos principios no se separan jamás, o, más bien, dado que no disponemos de ningún medio para separarlos, se comportan desde nuestro punto de vista como cuerpos simples, y no debemos suponerlos compuestos más que cuando la experiencia o la observación nos hayan ofrecido la prueba.* Tomado de García Belmar, Antonio y Bertomeu Sánchez, José R., **Nombrar la materia, una introducción histórica a la terminología química.** Ediciones del Serbal. Madrid. 1999. Pág. 53

[5] Secado de la indumentaria al sol, olor de la comida, desaparición de un charco de agua, etc.

[6] Nauta, K. y Miller, R. E. **Formation of Cyclic Water Hexamer in Liquid Helium: The Smallest Piece of Ice.** Science. 2000. Vol. 287. Págs. 293-295

[7] Se han hecho cálculos hasta agrupaciones de veinticuatro veces H_2O .

[8] Ugalde, Jesus M., Alkorta, Ibon y Elguero, José. **Water Clusters: Towards an Understanding Based on First Principles of Their Static and Dynamic Properties.** Angew. Chem. Int. Ed. 2000. Vol. 39. N° 4. Págs. 717-721

[9] Custelcean, Radu; Afloroaei, Cerasela; Vlassa, Mircea y Polverejan, Mihai. **Formation of Extended Tapes of Cyclic Water Hexamers in an Organic Molecular Crystal Host.** Angew. Chem. Int. Ed. 2000. Vol. 39. N° 17. Págs. 3094-3096

[10] Jorge Luis Borges en su famoso cuento "Funes el memorioso" intenta mostrar el estado al que llegaría el hombre si no clasificara sus percepciones. No podría avanzar en sus conocimientos y pasaría toda la vida en el mismo punto. (Idea oída a José Luis Villaveces Cardoso)

[11] Comte, Auguste. **Discurso sobre el espíritu positivo.** Barcelona. Altaya. 1996. Pág. 122

[12] Schummer, Joachim. **The Chemical Core of Chemistry I: A Conceptual Approach.** HYLE. 1998. Vol. 4. N° 2. Págs. 129-162

[13] Villaveces, José Luis. **Química y Epistemología: una relación esquiva.** Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia. 2000. Vol. 1. N° 2 y 3. Págs. 9-26

[1] $7,690450 \times 10^{-19} \text{J}$

[1] Algunos estudiantes cuando intentan responder a la pregunta "el material ¿es uniforme en todas sus partes?" arguyen que si se observa con un microscopio, lo uniforme a simple vista puede no serlo con ese instrumento.

[2] Schrödinger, Erwin. **¿Qué es la vida?** Madrid. Metatemas. 2001. Pág. 93

[1] Brown, Theodore L., LeMay, H. Eugene y Bursten, Bruce E. **Química, la ciencia central.** Ciudad de México. Pearson Prentice Hall. 1998. Pág. 7

[2] Este tipo de mediciones (observaciones), implican cantidades de energía mínimas, comparadas con otro tipo de mediciones como los procesos de calentamiento o de aplicación de altos voltajes

À (Bucaramanga, octubre, 2002)

Docente Cátedra de la Escuela de Química. Universidad Industrial de Santander

khemeia@hotmail.com

[1] Brown, Theodore L., LeMay, H. Eugene y Bursten, Bruce E. **Química, la ciencia central**. Ciudad de México. Pearson Prentice Hall. 1998. Pág. 7
Chang, Raymond. **Química**. Madrid. McGraw-Hill. 1997. Pág. 11