

Algunos mal entendidos en la Enseñanza de la Química

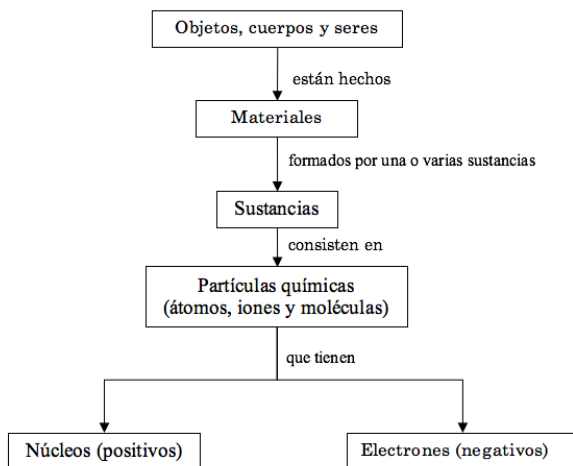
Resumen de la conferencia del Dr. Plinio Sosa al recibir el Premio Nacional de Química “Andrés Manuel del Río, Área Académica en Docencia el 3 de octubre de 2018.

La química es una disciplina difícil de aprender y difícil de enseñar. Comparte con todas las demás disciplinas diversos factores, de muy diferente naturaleza, que influyen en la educación: el entorno social y familiar de los alumnos, los lineamientos de cada institución, la preparación y disposición de los docentes, la peculiaridad de las disciplinas científicas, etcétera. Sin embargo, yo creo que algunas dificultades provienen de la propia disciplina, de sus definiciones, de sus clasificaciones y de su discurso histórico. En esta presentación se abordan algunos de estos problemas.

Verdades a medias

Existen algunas afirmaciones que, aun siendo verdaderas, no ayudan a la comprensión de los estudiantes. Por ejemplo, la aseveración “la materia está hecha de átomos”; no me gusta porque parte de un concepto abstracto que es todo y es nada –la materia– y termina en objetos extraordinariamente pequeños que están muy apartados de la experiencia sensorial de los alumnos.

A la pregunta *¿De qué están hechas las cosas?*, una respuesta más completa sería la siguiente: todo lo que hay en el universo, todos los objetos, los cuerpos y los seres que existen, están hechos de *materiales*. Los materiales, a su vez, pueden estar formados por uno o varios constituyentes llamados *sustancias*. Las sustancias consisten en pequeñas partículas llamadas *átomos*, *iones* o *moléculas*. A continuación, se muestra un mapa conceptual, en un orden con sentido pedagógico (de lo familiar a lo desconocido), que describe mejor el detalle y la complejidad de la materia.



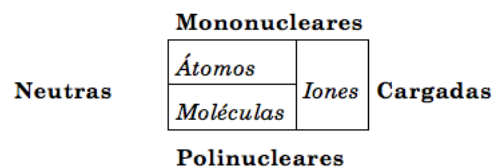
Para apoyar este esquema, se proponen las siguientes definiciones:

Materiales: son todas las sustancias y mezclas de sustancias de las que están hechos los objetos, los seres y los cuerpos. Un determinado material puede estar constituido por una o varias sustancias.

Sustancias: son materiales de aspecto homogéneo que constan de un solo constituyente. Cada sustancia posee un conjunto de propiedades específicas e invariables que la distinguen de las demás sustancias. Están formadas por pequeñas partículas que pueden ser iones, moléculas o átomos. La relación que hay entre sustancia y partícula es similar a la que hay entre manada y búfalo. Es decir, sustancia se refiere al conjunto, mientras que partícula se refiere a un solo individuo.

Partículas químicas: son las pequeñas unidades que integran una sustancia. Son muy pequeñas y muy ligeras.

Están constituidas por un cierto número de *núcleos* (con carga eléctrica positiva) interactuando con un cierto número de *electrones* (con carga eléctrica negativa). Pueden ser *átomos* (partículas mononucleares neutras), *iones* (partículas cargadas mono o polinucleares) o *moléculas* (partículas polinucleares neutras).



Núcleos: son la parte positiva de las partículas químicas. Concentran la mayor parte de la masa de las partículas que constituyen. Están formados por protones (con carga positiva) y neutrones (sin carga)

Electrones: son la parte negativa de las partículas químicas.

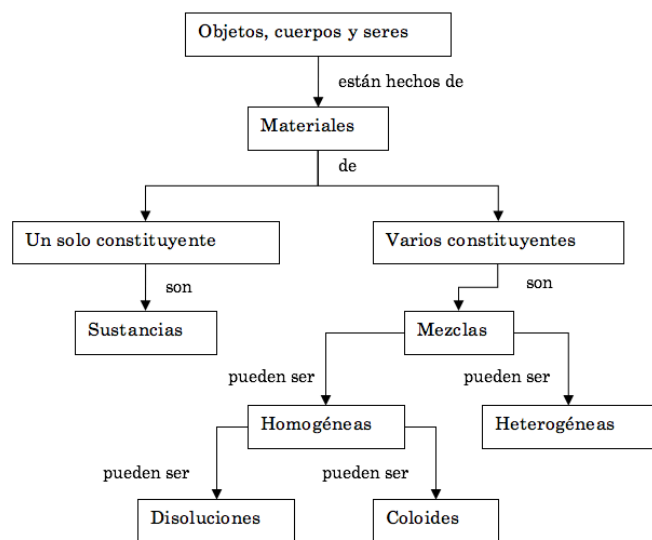
Clasificaciones y categorías erróneas

Algunas clasificaciones en química son realmente confusas. La principal, desde mi punto de vista es la clasificación de materia: se divide en sustancias puras y mezclas. Mis objeciones son las siguientes: Una sustancia no puede estar contaminada con nada puesto que es una sola cosa, un solo tipo de materia. Por lo tanto, sobra lo de “pura”. Por otro lado, la química es la única disciplina en la que las mezclas son una categoría de clasificación. Es como si los biólogos nos enseñaran la clasificación de los vertebrados así:

- ~ Peces puros
- ~ Anfibios puros
- ~ Reptiles puros

- ~ Aves puros
- ~ Mamíferos puros
- ~ Mezclas

Una mejor clasificación podría ser la siguiente:



Términos polisémicos

Algunos términos y conceptos que utilizamos en la enseñanza de la química tienen, en realidad, varios significados. Es el caso de *elemento* y *composición química*.

La palabra *elemento* tiene dos significados. En efecto, tiene el de *sustancia simple* (o sustancia elemental), pero también tiene el de *entidad simbólica que sirve para representar a átomos del mismo tipo* (es decir, cuyos núcleos tienen el mismo número de protones). Lamentablemente son significados muy diferentes. De hecho, pertenecen a categorías ontológicas y a escalas distintas. Mientras que las *sustancias elementales* pertenecen al mundo de la materia y a una escala macroscópica (o molar), los *elementos químicos* pertenecen al mundo de las ideas y a una escala nanoscópica (o atómica). En otras palabras, *sustancia elemental* y *elemento químico* no son sinónimos y haríamos bien en distinguirlos.

Esto nos lleva a precisar otras definiciones:

Elemento químico: entidad simbólica que sirve para representar a los átomos (libres o en las partículas) caracterizada por el número de protones que tienen en el núcleo. Se conocen 118 elementos distintos. A cada uno se le ha dado un nombre y un símbolo químico (una abreviatura de una o dos letras) y se acostumbra a agruparlos en la llamada Tabla Periódica de los elementos.

Sustancias elementales: son aquellas cuya estructura química (partículas sueltas o formando una red) consta únicamente de átomos del mismo tipo. Es decir, consisten de un solo elemento (un solo tipo de átomo). Por ejemplo, neón, Ne, oxígeno, O₂, fósforo, P₄, azufre, S₈, sodio, Na_n, grafito, C_n. Son las sustancias más simples de todas, puesto que no sufren reacciones de descomposición química.

Sustancias compuestas: son aquellas cuya estructura química consta de átomos de distinto tipo. Es decir, que están constituidas por distintos elementos. Por ejemplo: cloruro de sodio, NaCl,

dióxido de silicio, SiO₂, agua, H₂O. Las sustancias compuestas pueden dar lugar a sustancias más simples mediante reacciones de descomposición química.

En química, hablamos de *composición química* en dos situaciones distintas, a saber:

~ *Composición sustancial de una mezcla.* Que se refiere a cuáles sustancias y en qué proporción constituyen un determinado material. Por ejemplo: 4.5 mL de alcohol por cada 100 mL de cerveza.

~ *Composición elemental de una sustancia.* Que se refiere a cuáles elementos y en qué proporción se encuentran en las partículas que integran una determinada sustancia.

El criterio ampliamente aceptado para distinguir una sustancia de una mezcla de que "las sustancias tienen una composición química constante mientras que las mezclas tienen una composición variable" es un tanto absurda puesto que se están comparando dos cosas ontológicamente diferentes: la composición sustancial con la composición elemental. Imaginemos que tenemos seis grillos y cuatro arañas capturados en un frasco, es decir, una mezcla de artrópodos. La "composición artropodal" sería de 60 % de grillos y 40 % de arañas. Y, por supuesto, que podríamos tener cualquier proporción de grillos y arácnidos desde 0 % hasta 100 % de alguno de ellos. Por otro lado, ¿cómo son los cuerpos de estos dos tipos de artrópodos? ¿Es decir, cuántas partes tienen, qué tipo de partes y en qué proporción? Los grillos tienen dos antenas, una cabeza, un tronco, un abdomen y seis patas. Al estilo químico, los podríamos representar de la siguiente fórmula: An₂CTAbP₆. Las arañas tienen una cabeza, un tronco, un abdomen y ocho patas, es decir, una fórmula (al estilo químico) de: CTAbP₈. Obviamente, la composición corporal de cualquier animal tiene que ser constante, si no dejarían de ser lo que son, en este caso: grillos o arañas. Pero, evidentemente también, la "composición corporal" de este par de artrópodos nada tiene que ver con cuántos grillos y arañas podamos atrapar. ¡Son dos cosas distintas!

Dicotomías y tricotomías

Para la clasificación de sustancias, históricamente se ha acostumbrado a hacer uso de algunas dicotomías: elementales y compuestas, iónicas y covalentes, metálicas y no metálicas, etc. Sin embargo, es más útil pensar en cuatro categorías ideales o límite:

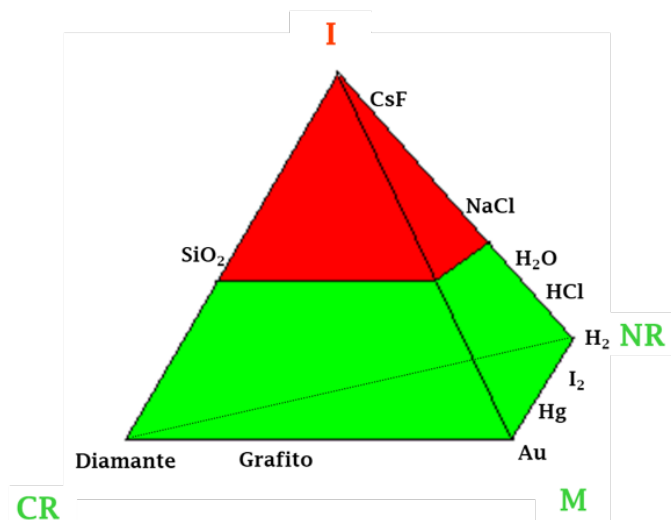
~ *Metálicas (M):* la mayoría tienen altos puntos de fusión. Conducen la electricidad, tanto en estado sólido como en estado líquido.

~ *Iónicas (I):* la mayoría, también, tienen altos puntos de fusión. No conducen la electricidad en estado sólido, pero sí en estado líquido. Los que son solubles conducen en solución acuosa.

~ *Covalentes reticulares (CR):* tienen altos puntos de fusión. No conducen la electricidad.

~ *No reticulares (NR):* tienen bajos puntos de fusión y tampoco conducen la electricidad.

Estas cuatro categorías ideales serían los vértices de un tetraedro donde podrían ser acomodadas todas las sustancias dependiendo de sus diferentes grados de carácter metálico, iónico o reticular:



Interacciones entre partículas

Son las interacciones eléctricas que se dan entre partículas vecinas. Hay dos casos:

~ Enlace iónico: es la interacción eléctrica entre un número muy grande de iones de carga opuesta. Se puede describir adecuadamente suponiendo que los *iones son simplemente puntos con carga* (sin masa ni volumen ni forma). Para una mejor descripción, se requeriría de la Mecánica Cuántica.

~ Interacciones dipolares: es la interacción eléctrica entre partículas neutras (átomos y moléculas) con cualquier partícula vecina (átomos, iones o moléculas). Para su descripción, *las partículas neutras pueden modelarse como dipolos eléctricos*. Son más débiles que los enlaces covalente, iónico y metálico. Son las responsables de los estados físicos, de la solubilidad y del inicio de las reacciones químicas de materiales y sustancias.

En el caso del enlace químico, se acostumbra a clasificar los enlaces en tres categorías: covalente, iónico y metálico. Pero sería más útil hablar de dos grandes categorías de *interacciones químicas* que, a su vez, se subdividen en otras cuatro subcategorías:

Interacciones núcleo electrónicas

Son las interacciones eléctricas que se dan entre núcleos y electrones. Hay dos casos límite:

~ *Enlace covalente*: es la interacción eléctrica de dos electrones y dos núcleos (o dos cores). Para describirlo adecuadamente se requiere de la Mecánica Cuántica. Usando el código de las estructuras de Lewis, la representación de un enlace covalente quedaría así:



La palabra covalente, acuñada en el contexto de la química, es la que se acostumbra a usar para decir que se comparten electrones. Cualquier partícula polinuclear se puede representar como una cadena de enlaces covalentes. La palabra *covalente*, acuñada en el contexto de la química, es la que se acostumbra a usar para decir que se comparten electrones.

~ *Enlace metálico*: es la interacción eléctrica de una cantidad enorme de cores y electrones. En este caso, también hay covalencia puesto que se comparten muchos electrones entre muchos cores. También es indispensable la Mecánica Cuántica para poderlo describir satisfactoriamente. A la imagen de esta interacción se le suele dar el nombre de *modelo del mar de electrones*.

Definiciones que no definen

Por ejemplo, la definición de química más ampliamente utilizada en libros y cursos:

"Química es la ciencia que estudia la materia, la energía y sus cambios."

En mi opinión, es una definición que no define, puesto que también aplica para la física. Si decimos "Física es la ciencia que estudia la materia, la energía y sus cambios", también es cierto. Es decir, es una "definición" que no dice donde termina una y donde empieza la otra. Una mejor definición para la química sería:

"Química. es la ciencia que estudia todo lo relacionado con aquellos procesos en los que se obtienen unas sustancias a partir de otras."

Últimas consideraciones

La química —al igual que el resto de las disciplinas que estudiamos los seres humanos— está regida por la historia. Así como hay fósiles animales, hay fósiles conceptuales. Es nuestra tarea, de investigadores y docentes, el ir actualizando nuestras definiciones y enseñanzas de acuerdo con los nuevos significados que van tomando los conceptos a través del avance y de la evolución de la ciencia.