UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diseño de una unidad didáctica desde la perspectiva histórica para la construcción del concepto de cambio químico en estudiantes de educación básica

Zully Adriana Benavides García

Universidad Nacional de Colombia

Sede Bogotá

Facultad de Ciencias

Programa de Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, D.C., Colombia

2012

Diseño de una unidad didáctica desde la perspectiva histórica para la construcción del concepto de cambio químico en estudiantes de educación básica

Zully Adriana Benavides García

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial
para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:
JESÚS SIGIFREDO VALENCIA RÍOS, Dr. Sc.
Profesor Titular
Departamento de Química

Línea de Investigación:
Didáctica de las ciencias

Universidad Nacional de Colombia
Sede Bogotá
Facultad de Ciencias
Programa de Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Bogotá, D.C., Colombia
2012

DEDICATORIA

A Dios por hacer posible lo imposible.

A mi adorada mamita, por todo lo que me ha dado en esta vida, especialmente por sus sabios consejos, y por estar a mi lado en los momentos más difíciles.

A Pedrito mi hijo, quién es mi sol y mi viento.

A Sandrita mi amiga del alma, por su incondicional apoyo, en mi afán por alcanzar un sueño.

A Manchito, quién día a día, brinda paz y serenidad a mi alma.

Agradecimientos

Agradezco al profesor Jesús Sigifredo Valencia Ríos, por su paciencia, buena disposición y sabiduría con que orientó mi trabajo final.

A mi amiga Sandra por su constante apoyo y buena energía, en estos dos años de arduo trabajo académico.

A Germán, por sus explicaciones oportunas en el momento indicado, y por toda la colaboración que me prestó para cumplir mi meta.

Resumen

Esta propuesta está centrada en el diseño de una unidad didáctica sobre el concepto de cambio químico para ser aplicada en estudiantes de grado octavo de educación básica secundaria del colegio Diego Montaña Cuéllar I.E.D.; se elige este concepto estructurante y fundamental para la comprensión de otros más complejos, teniendo en cuenta que en los estándares nacionales, su enseñanza en el grado octavo es pertinente.

Para alcanzar este logro se profundizó en los aspectos históricos más relevantes que dieron paso a la construcción del concepto de cambio químico. Así mismo, se realizó un abordaje disciplinar en el que se identificaron temáticas pertinentes, que fundamentan el trabajo como tal.

La unidad didáctica está conformada por una prueba de ideas previas, dos lecturas de contextualización disciplinar e histórica respectivamente, cuatro prácticas experimentales y la evaluación. Es importante resaltar que esta propuesta está desarrollada desde las perspectivas contemporáneas en didáctica, centrando las actividades en el aprendizaje significativo. Por último, este trabajo se encargó únicamente del diseño de la unidad y su aplicación puede considerarse como tema de otro proyecto.

Palabras clave: (Química, didáctica, aprendizaje, enseñanza, pedagogía).

Abstract

This proposal focuses on the design of a teaching unit on the concept of chemical change, to be applied in the eighth grade students of basic secondary school education Diego Montana Cuéllar I. E. D. This concept was chosen because is structuring and fundamental concept for understanding more complex, taking into account that national standards, teaching in the eighth grade is relevant.

For this achievement deepened in most important historical aspects that led to the construction of the concept. Also, discipline approach was performed, in which relevant issues were identified, underpinning the work as such.

The teaching unit consists of a test of previous ideas, two readings of discipline and historical contextualization respectively, four experimental and evaluation practices. Importantly, this proposal is developed from contemporary perspectives on teaching, focusing on learning activities meaningful and finally, this work was commissioned only the design of the unit and its application can be considered as a subject for another project.

Keywords: (chemical, didactic, learning, teaching, pedagogy).

Contenido

Pág.

Agradecimientos ..... **VII**

Resumen ..... **IX**

Abstract ..... **X**

Lista de figuras ..... **XIII**

Lista de tablas ..... **XIV**

Introducción ..... **XV**

Objetivo general ..... **XVII**

Objetivos específicos ..... **XVII**

Metodología ..... **XIX**

1. CONTEXTO HISTÓRICO DEL CONCEPTO DE CAMBIO QUÍMICO **1**
1.1 Teoría del flogisto 2
1.2 Aportes de Lavoisier 5

2. COMPONENTE DISCIPLINAR: LA TRANSFORMACIÓN QUÍMICA **11**
2.1 Introducción: El universo 11
2.2 Sistema termodinámico 14
2.2.1 Clases de energía visible 15
2.2.2 Clases de sistemas termodinámicos 16
2.2.3 Propiedades de los sistemas termodinámicos 17
2.2.4 Estado de un sistema 18
2.3 Proceso termodinámico 19
2.3.1 La ley cero de la termodinámica 19
2.3.2 Transformación física 22
2.3.3 Cambio químico 23

3. COMPONENTE DIDÁCTICO **27**
3.1 Aprender a aprender 28
3.2 El aprendizaje significativo 29
3.3 ¿Por qué el concepto de cambio químico? 30
3.4 CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN 31
3.5 Unidad didáctica 32

4. Conclusiones y recomendaciones 59
4.1 Conclusiones.....59
4.2 Recomendaciones.....59

5. Bibliografía 61

Lista de figuras

Figura 2-1: Partículas elementales según el modelo estándar de la física de partículas. 12
Figura 2-2: Composición cosmológica del universo 13
Figura 2-3: Ilustración hipotética de un sistema termodinámico..... 14
Figura 2-4: Ilustración de las características de una onda 15
Figura 2-5: División del espectro electromagnético: 16
Figura 2-6: Ilustración de la capacidad de un sistema termodinámico para intercambiar materia y energía con el entorno 17
Figura 2-7: Esquema ilustrativo de la ley cero de la termodinámica. 20
Figura 2-8: Esquemas ilustrativo de las escalas más comunes de temperatura. 21
Figura 2-9: Ilustración de los cambios físicos de las sustancias químicas. 23
Figura 2-10: Diagrama de energía potencial para la formación de la molécula de H2. ... 24
Figura 3-1: Elementos de una Unidad Didáctica..... 28
Figura 3-2: Experimento de Lavoisier 46
Figura 3-3: Combustión de una vela..... 50
Figura 3-4: Combustión del papel..... 50
Figura 3-5: Aparato utilizado por Lavoisier para sintetizar agua 52
Figura 3-6: Montaje electrólisis..... 53

Lista de tablas

Pág.
Tabla 2-1: Cantidades básicas, símbolo y dimensiones. 18
Tabla 3-1: Modelo pedagógico centrado en el aprendizaje 28
Tabla 3-2: Actividades propuestas para el desarrollo de la unidad didáctica..... 33

Introducción

La enseñanza de las ciencias naturales, sin lugar a dudas constituye un tema de investigación de vital importancia en el mundo actual, ya que cada vez se siente más la necesidad de construir modelos de interpretación de carácter pragmático con gran nivel explicativo sobre la realidad.

Se sabe de igual manera, que la ciencia cuenta con conceptos fundamentales, desde los que se pueden estructurar redes conceptuales de gran complejidad y utilidad para el desenvolvimiento cotidiano de los sujetos. Se pretende entonces, que los estudiantes desarrollen modos de aprendizaje relacionados con expectativas educativas contemporáneas, capaces de generar cambios a nivel actitudinal, conceptual y metodológico.

Desde esta perspectiva, la construcción de unidades didácticas, a partir de modelos constructivistas como propuestas para el desarrollo de conceptos en las aulas de clase, es una corriente que toma fuerza día a día y su vigencia dependerá de los resultados que se obtengan en el proceso de aprendizaje.

Sin embargo, no solo es necesario realizar una selección coherente y pertinente frente al concepto que se aborda en la unidad didáctica, sino poder ver cuál es la importancia de que el concepto seleccionado sea enseñado. Teniendo en cuenta estas apreciaciones, para el desarrollo de esta propuesta, profundicé en el concepto de cambio químico, ya que se considera fundamental para el aprendizaje de la química en general.

En primera instancia, se hizo un abordaje histórico y epistemológico del concepto (cap. 1), luego se desarrolló el enfoque disciplinar, que trata temáticas específicas que van enmarcadas desde el concepto de sistema, hasta la definición de reacción química (Cap. 2) y finalmente se propone una unidad didáctica (Cap. 3) , que tiene como fin acercar a los y las estudiantes no solo al concepto, sino a su utilidad e importancia dentro de la construcción conceptual de la química como ciencia y a la comprensión de fenómenos cotidianos. Vale la pena aclarar, que la finalidad de este trabajo es el diseño de la unidad didáctica y que su aplicación puede ser objeto de otro trabajo.

Objetivo general

Diseñar una unidad didáctica del concepto de cambio químico, que permita identificar las nociones históricas y aplicar el concepto en diferentes situaciones, para que los estudiantes de grado octavo establezcan la diferencia entre cambio físico y cambio químico.

Objetivos específicos

1. Realizar una revisión bibliográfica, sobre la evolución histórica del concepto *cambio químico.*
2. Elaborar un texto monográfico en donde se profundice y reflexione sobre el concepto de cambio químico.
3. Diseñar una unidad didáctica para abordar la enseñanza del concepto de cambio químico, en estudiantes de octavo grado.
4. Contribuir de manera significativa en el proceso de enseñanza aprendizaje del concepto de cambio químico en estudiantes de grado octavo del colegio Diego Montaña Cuéllar I.E.D., teniendo en cuenta que éste es fundamental y estructurante para la comprensión de otros conceptos.

Metodología

La siguiente es la metodología que se desarrollará en este trabajo final de maestría.

FASE	OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Fase I. Consulta	Realizar una revisión bibliográfica sobre la evolución histórica del concepto de cambio químico.	• Rastreo histórico del concepto de cambio químico, abordado desde la teoría del flogisto, hasta el fenómeno de la combustión.
Fase II. Fundamentación teórica	Elaborar un texto monográfico en donde se profundice y reflexione sobre el concepto de cambio químico.	• Construcción teórica del concepto de cambio químico.
Fase III. Diseño	Diseñar una unidad didáctica, para abordar la enseñanza del concepto de cambio químico en estudiantes de grado octavo	• Diseño de una unidad didáctica, que tiene como eje central el componente histórico el cual es el hilo conductor para el desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje del concepto de cambio químico para estudiantes de Grado Octavo.

1. CONTEXTO HISTÓRICO DEL CONCEPTO DE CAMBIO QUÍMICO

Desde tiempos inmemoriales se reconoce que es el fenómeno lo que ha interesado al ser humano indagar y lo que posteriormente le ha conducido a formular diversas explicaciones del mismo. Como es bien conocido, la química como campo científico consolidado lo es desde el siglo XVIII en adelante, reconociéndose como hecho determinante lo desarrollado a través del fenómeno de la combustión, llamado así luego de los trabajos del químico francés Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794).

Si bien es destacable que las explicaciones sobre la trasformación de los materiales metálicos o de la producción de álcali se remontan a periodos anteriores al siglo XVIII, es posterior a éste que se consolidan sistemas representacionales sólidos para la interpretación de tales fenómenos; razón por la cual, este proceso de aproximación histórica no tendrá un carácter historiográfico ni mucho menos un enfoque social; se partirá de reconocer para la enseñanza de la química, la importancia de los sistemas de representación científicos como entidades abstractas que no tienen más realidad que la que le confieren los químicos, siendo válidos porque en su momento han satisfecho las condiciones sobre las cuales se diseñaron (GIERE, 1992). Ha de recordarse que los científicos trabajan bajo la perspectiva de que así es el mundo, lo que valida la afirmación de que no existen verdades y falsedades; sólo explicaciones, unas más válidas que otras de acuerdo con los criterios de la comunidad de científicos. Éstos modelos se desarrollan con diversos grados de abstracción (DEL RE, 2000) , siendo en muchos casos únicos, que al agruparse con otros se convierten en un sistema real dado. Como las teorías parecería que fueran cosas que se encuentran formuladas, hay la tendencia a creer que una expresión lingüística, es en sí misma la teoría.

A manera de mediación se entiende como teoría, una población de modelos y enunciados que muestran grados de relación entre sí y el fenómeno objeto de análisis (CALDIN, 2002). Por tal motivo, se pretende realizar un rastreo de la construcción de estos y aquellos en lo que hoy por hoy se entiende como cambio químico.

En química, el propósito de estudio es el fenómeno, que depende específicamente de la propiedad de los materiales de los que están constituidas las cosas. El fuego ha sido motivador de búsqueda en distintos contextos de desarrollo del saber; en este caso, se asocia estrechamente con la combustión y de muy buena forma con las explicaciones construidas para interpretar dicho comportamiento.

1.1 Teoría del flogisto

Entre las explicaciones fuertes se registra lo que se denominó *la revolución química* por el cambio que se suscitó de la teoría del flogisto atribuida al médico y químico alemán Georg Stahl (1659-1734), a la teoría del oxígeno atribuida a Lavoisier.

Es claro que el siglo XVII legó el análisis de los gases, que hasta la fecha no se consideraban ni siquiera existentes; de hecho, porque uno de los campos que generó profundo interés está asociado al estudio de los seres vivos y del fenómeno de la respiración. La lucha por mantener la vida, facilitó que la iatroquímica contribuyera sustancialmente al posicionamiento de la química como campo de estudio particular, de modo que se vinculó a los cursos de enseñanza, aspecto crucial para el desarrollo de los siglos siguientes en cuanto al estudio de las sustancias.

Durante el siglo XVIII los distintos estudios del agua, el aire y la combustión, facilitaron que se aceptara la idea que el aire (sin que se supiera inicialmente que no era un elemento sino una mezcla) participaba en las reacciones químicas, demostrado en 1727 por el químico inglés *Stephen Hales* (1667-1761). El abandono de la idea de elemento del aire se inicia con el trabajo del químico escocés Joseph Black (1728-1799), quién en 1754 demostró que "el aire fijo" que se liberaba de la magnesia alba ($MgCO_3$), tenía propiedades distintas al aire tomado del ambiente (BROCK, 1998)

George Ernst Stahl es reconocido como el principal actor dentro de la consolidación de la teoría del flogisto. Este recibió la influencia de diversas escuelas de pensamiento como la mecanicista, de modo que su proceder no se distancia de la misma. Se le atribuye seguir el pensamiento de Johann-Joachim Becher, físico y alquimista alemán (1635-1682) (ESTANNY, 1990), quien distinguía tres tipos de tierra: vitrificable, combustible y mercurial, que correspondía a tres sustancias: sal, azufre y mercurio, que a su vez correspondían a tres principios: fijación o solidificación, de combustibilidad y de volatilidad. Stahl llama a la segunda tierra flogisto (combustible); cuando habló de las sales hizo alusión a los ácidos y poco trabajó en la tercera tierra (mercurial), seguramente debido a las variadas controversias sobre sus propiedades.

En sus textos, Stahl menciona que la química es el arte de descomponer cuerpos compuestos en sus principios básicos para recomponerlos de nuevo ((ESTANNY, 1990), pues el propósito era descubrir de qué están hechos los materiales, además de clasificar las trasformaciones de los mismos (reacciones), aunque en la época dicho comportamiento era objeto de estudio de la física. La idea de Stahl precisamente se direccionó a la unificación de la química con la física, con la argumentación que las propiedades de los cuerpos están en función de la composición de las mismas.

Para Stahl, la fundamentación del estudio estriba en el análisis de lo mixto y lo vivo:

> "… Los individuos o elementos indivisibles que constituyen los agregados mixtos, son de una exigüidad tan grande que en su situación numérica, es decir considerados separadamente y uno a uno, escapan a la más sutil percepción de los sentidos".
>
> Añadamos a esto que los pequeñísimos corpúsculos mixtos y compuestos desde su propia perspectiva (…) adquieren cierta particularidad, son indistintamente apropiados para cualquier tipo de agregación (…) después

> de una causa final muy especial se arreglan en vista a este fin determinado" (Stahl, citado en (ESTANNY, 1990).

La teoría del flogisto es quizás el trabajo más conocido de Stahl, por la vinculación con la explicación del fenómeno de la combustión y por ende, con el descubrimiento del oxígeno.

El flogisto es considerado por Stahl como el principio de la combustibilidad; no asociado a la llama, no se puede coger, es indisoluble y forma parte en mayor o menor proporción de los cuerpos combustibles y lo caracteriza de la siguiente forma:

- Es una propiedad relativa al fuego.
- Es capaz de colorear.
- Se combina íntimamente con otras sustancias sutiles.
- Se comporta de la misma manera con el agua y la humedad.
- Es sorprendente por la atenuación y la división.
- Se destaca su naturaleza en estado sólido y fluido.

Como se evidencia, la explicación que había sobre el fenómeno de la combustión estaba muy lejos de lo que hoy por hoy se entiende, aunque prevalecen algunas características cuando se contextualiza el cambio químico. Por ejemplo: "es capaz de colorear", el cambio de color es una condición asociada en la mayoría de los casos con las reacciones, así como el cambio de estado, sin que sea exclusivo de éste comportamiento pues en muchos casos, los cambios físicos los evidencian.

La teoría del flogisto se usó para producir múltiples explicaciones sobre el comportamiento de las sustancias, por lo que fue motivo de duras críticas a causa de la imprecisión, como se nota en el listado anterior; atribuir la característica "Se combina íntimamente con otras sustancias sutiles" o "es una propiedad relativa al fuego" no era apreciable por medio de los sentidos, por tanto difícil de contradecir como propiedad asignada.

Las características del flogisto se usaron para clasificar sustancias de acuerdo a su estado de "flogistificación", por ejemplo: el ácido vitriólico, las cales metálicas y los productos de la combustión como las cenizas, el aire puro y el nitro se clasificaron como sustancias desflogisticadas; mientras que las sales (ácidos), por disolución con los álcali, las sustancias terrosas como la cal viva, los ojos de cangrejo, las cáscaras de huevo y el yeso se clasificaron como flogisticadas.

Entre las reacciones que distingue Stahl están las reacciones entre materiales desflogisticados, o las reacciones entre materiales flogisticados y desflogisticados y reacciones entre materiales ricos en flogisto. Entre las experiencias que más se mencionan están tierra vitriólica con el hierro, o el cobre, o el plomo, o el estaño, o el mercurio, o la plata y en menor proporción con el bismuto, el zinc, el antimonio. Destaca que el oro no cambia en ninguna proporción.

También distingue las reacciones de descomposición y de combinación; aunque dicha taxonomía no sea representativa en su totalidad en la actualidad, ha de reconocerse el ejercicio de clasificación hecho, puesto que aún se clasifican las reacciones por la forma de producción de los productos como descomposición, composición o síntesis y de desplazamiento.

Un ejemplo de reacción de descomposición desde Stahl es la combustión del carbón. Según él, el carbón está formado de flogisto, agua y tierra; en la combustión se rompe dicha unión, se libera el flogisto, siendo la causa del cambio de propiedades antes y después de la combustión (BROCK, 1998) (ESTANNY, 1990).

A continuación se representa la explicación de Stahl:

Carbón (flogisto, tierra, agua) + calor → Cenizas (tierra desflogisticada) + agua (vapor)

Para el caso de la fundición de metales se usan las menas minerales o "cales" pues es una reacción de combinación. El fenómeno consiste en restituir el flogisto a los metales, calentándolas en aire inflamable el cual es absorbido por los metales.

Cales metálicas (material desflogisticado) + aire inflamable (con flogisto) → Metal flogisticado

La reducción de metales tuvo aplicación directa en la metalurgia sobre todo en procesos de fundición, para Stahl, la mena mineral es pobre en flogisto pero al calentarla con carbón mineral rico en flogisto éste pasa del carbón al metal y las cenizas. Stahl argumentaba que el flogisto no era suficiente para el fuego, puesto que en una calcinación hay desprendimiento de flogisto pero no llama, lo que deja entrever la complejidad para establecer el tipo de nexo entre llama, flogisto y calor.

Sobre la relación entre el flogisto y los seres vivos, explica cómo la madera contiene flogisto; para él la planta absorbe el flogisto desprendido de las combustiones, lo que contribuye a su crecimiento. Sin embargo, la explicación del paso del flogisto del reino vegetal al reino mineral que era objeto de estudio para los naturalistas, no es muy claro como muchas de sus explicaciones.

Entre las principales dificultades que enfrentó el flogisto como teoría cabe destacar la confusa función del mismo, aspecto necesario para interpretar el comportamiento químico de las sustancias, la poca claridad para explicar el cese de la combustión en un recipiente cerrado y finalmente, el aumento de peso de las cales calcinadas dan cuenta de ello.

El trabajo con gases, la demostración que el aire no era un elemento como hasta ahora se había pensado, fue el inicio de las múltiples inconsistencias que no se pudieron explicar desde la teoría del flogisto.

A principio del siglo XVIII no se estudiaban los gases, pues dentro de una transformación no se le atribuía ninguna función. Sin embargo, con el afinamiento de las técnicas y el diseño de nuevos instrumentos, comenzaron a ser objeto de estudios más minuciosos. Un instrumento que definitivamente cambió el concepto que se tenía sobre la importancia de los gases en los procesos de trasformación de las sustancias es el cajón neumático de Stephen Hales (PELLÓN, 2002) (BROCK, 1998). Hales mencionaba que el aire (gas) podía existir fijo en algunas sustancias, de modo que se podían desprender de éstos cuando reaccionaban.

Joseph Black dentro del curso de química que tomaba en la formación como médico, estudió por encargo de su profesor la magnesia alba ($MgCO_3$) que era usada como purgante, para ver cómo se comportaba frente a la calcinación. Debido a que tenía a la mano distintos equipos pudo suponer que cuando se calentaba la magnesia alba se

desprendía un “aire fijo” (hoy dióxido de carbono CO_2), representado de la siguiente manera:

Magnesia alba + calor → cal de magnesio + aire fijo

Lo que en términos actuales sería

$$MgCO_3 + calor \rightarrow MgO + CO_2$$

Black, y otros colegas se interesaron por las propiedades del CO_2; David Macbride, cirujano inglés, demostró la diferencia entre el aire fijo y el aire atmosférico, así como la intervención en la asfixia de los animales y Cavendish logró verificar que se producía como producto de la combustión del carbón ((PELLÓN, 2002) (BROCK, 1998).

Se le atribuye a Joseph Priestley el estudio y clasificación de gran número de gases, usando como criterios las características provenientes de la teoría del flogisto. En ese orden de ideas, él clasificó el aire desflogisticado (oxígeno en la actualidad) porque favorecía la combustión más que el aire atmosférico debido a la propiedad de absorber flogisto, el aire flogisticado (hoy nitrógeno) como aquel que impedía la combustión y la respiración de animales, y el aire fijo (hoy dióxido de carbono) que provenía de procesos de fermentación, porque este gas no facilitaba la respiración de animales o la combustión, aunque si favorecía la vida de las plantas y al contacto con ellas se trasformaba en aire respirable.

Difícilmente se puede establecer en qué momento o por qué razón los trabajos con los gases de los ingleses comenzaron a ser del interés de los grupos de estudio franceses, parece ser que las publicaciones enciclopédicas de la época ponen en la escena a Lavoisier y a Stah

1.2 Aportes de Lavoisier

Lavoisier sigue de cerca los estudios de física de Nollet y de química de Rouelle, quienes eran conocedores de las ideas newtonianas, por tanto, fortalecieron dentro de los académicos parisinos el desarrollo de la ciencia práctica, que provenía del desarrollo histórico de la física, en donde claramente los métodos experimentales se basaban en el uso de instrumentos de medición como el termómetro, la balanza, el densímetro, el aerímetro, entre otros (BERTOMEU, 2006).

Lavoisier como Stahl aceptaba que la física y la química eran ciencias que se ocupaban del estudio de los cuerpos de la naturaleza, sólo que la física se ocupaba de las generalidades de la materia y la química de las propiedades particulares cuando un cuerpo actuaba sobre otro (PELLÓN, 2002). Este científico francés se destacó por sus múltiples publicaciones en las que relataba los fenómenos observados y las conclusiones a las que llegaba; reprodujo en su laboratorio los trabajos de Priestley, interesándose desde entonces por el comportamiento de los gases.

Al realizar la calcinación del fósforo pero dentro de una caja de Hales, determinó lo que ya se sabía desde el siglo XVII, el aumento de peso del producto; la genialidad en el seguimiento de estos experimentos radicó en que diseñó todo un método para registrar el comportamiento en la calcinación de metales, a partir del trabajo del químico y político francés Guyton de Morveau (1737-1816), elaborando una serie de experimentos en los

que usó metales y no metales, aventurándose a afirmar que la presencia del aire fijo (CO_2) no se debía a una gran cantidad de aire (oxígeno hoy) que tuvieran las cales metálicas ,sino que el fenómeno de calcinación fijaba el aire. El usar cubas cerradas, medir su peso antes y después de las reacciones, le permitió identificar que la calcinación de metales o la combustión eran reacciones limitadas, por tanto, no duraban el mismo lapso de tiempo que cuando se hacían reaccionar en condiciones ambientales, además el aumento de peso de los productos era equivalente a la cantidad de aire absorbido.

Frente a la teoría del flogisto de Stahl, tan difundida en la época, dicha afirmación no era posible, sin embargo explicaciones como el aire fijo de Black frente a las respuestas inconclusas sobre la combustión de las sustancias, y el aumento de peso al calcinar metales, que se consideraban sustancias elementales, aumentaron los cuestionamientos entre los químicos franceses.

Lavoisier se dedicó también a repetir los experimentos de Boyle, cuidando de pesar sustancias e instrumentos antes y después de las reacciones, así comprobó que los pesos antes de la reacción y después de la misma no variaban, aunque las sustancias no fueran las mismas (PELLÓN, 2002) (BROCK, 1998).

Uno de los experimentos denominados cruciales es la reducción del precipitado rojo de mercurio (óxido de mercurio), Lavoisier estaba trabajando en la calcinación de metales y en la reducción de sus óxidos con carbón, como evaluador del trabajo de Bayen y Cadet, pues éstos afirmaban haber obtenido los óxidos por simple calentamiento, sin usar carbón. Vale aclarar que la pertinencia de este evento se debe a que en esta época se sabía que para alcanzar llamas con más de 2000 grados de temperatura era necesario usar un combustible eficiente como el carbón, sin él la posibilidad de trasformación de metales por calcinación era prácticamente imposible.

Joseph Priestley también publicó los resultados de trabajar con óxido rojo de mercurio en 1775, mencionando que se desprendía un nuevo *aire* (gas) desflogisticado; al comparar los resultados entre unos y otros, dedujo que se producía un aire más puro y eminentemente respirable (PELLÓN, 2002). No cabe duda que es a Priestley, a quien le corresponde el descubrimiento del oxígeno, mas Lavoisier deduce la participación de la sustancia en el fenómeno de la combustión y de la calcinación, introduciendo el término *oxígeno* en una publicación de la academia de ciencias en 1777, exponiendo sus ideas sobre la naturaleza de los ácidos, demostrando que el oxígeno formaba parte de los ácidos, y que a partir del mismo los podía producir. El ejemplo que usó fue la reacción entre azúcar y ácido nítrico, “éste se descompuso, cedió el oxígeno que hacía parte de su composición y originó el ácido azúcar (ácido oxálico)” (PELLÓN, 2002).

Debido a este hecho, explicó que el principio acidificante dependía de que estuviese en contacto con sustancias no metálicas, por eso no dudó en considerar el concepto *ácido* como una sustancia producida por el oxígeno. Explicación que aún perdura en nuestros días y que suscita confusión, pues es bien sabido que no todos los ácidos contienen el elemento oxígeno en su estructura. Adicionalmente, demostró que este aire desflogisticado llamado por él, oxígeno, se encontraba en el aire y en el agua, era importante en los procesos de respiración de los animales y en la combustión del carbón. El otro componente del aire que se denominaba aire flogisticado lo llamó azote, que después es llamado nitrógeno, nombre con que se le conoce en la actualidad.

A continuación se muestra la explicación que hacía de la combustión en general, se tomó textualmente de la traducción al castellano del *Tratado de química elemental*, publicado en 1798.

> *"(…) No es otra cosa la combustión, según lo expusimos en la primera parte de esta obra, sino la descomposición del gas oxígeno hecha por un cuerpo combustible. El oxígeno, que es la base de este gas, es absorbido, y el calórico y la luz quedan libres y se desprenden: de modo que toda combustión lleva consigo la idea de oxigenación; pero la oxigenación no supone combustión, porque esta última no puede verificarse sin desprendimiento de luz y de calórico. Para que se verifique la combustión es necesario que la base del gas oxígeno tenga más afinidad con el cuerpo combustible que con el calórico; pero esta atracción electiva, según la expresión de Mr. Bergman, no se executa sino a cierto grado de temperatura, diverso para cada sustancia combustible, de donde se infiere la necesidad de dar el primer movimiento á la combustión, aproximándole un cuerpo caliente. (…)"*

Por la misma época Cavendish estudiaba la reacción entre hidrógeno y aire atmosférico en un recipiente cerrado, concluyendo que el volumen de la mezcla gaseosa había disminuido, y en la superficie del recipiente de vidrio se observaba la formación de unas gotitas de agua. Luego de numerosas réplicas del experimento, enunció que el agua estaba formada por aire inflamable (hidrógeno) y aire desflogisticado (oxígeno). Al enterarse Lavoisier y replicar la experiencia, frente a su explicación del oxígeno, era razonable entender cómo se obtenía hidrógeno al hacer pasar vapor de agua por medio de un hierro caliente. La reacción que se produjo es como sigue:

Metal + ácido → óxido metal (sal) + hidrógeno (Lavoisier, 1798)

$3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$ (como se escribe actualmente)

lo que le permitió que el rey Luis XVI le financiara la producción de hidrógeno a nivel industrial para el manejo de globos aerostáticos.

Sobre la composición del agua y la combustión del hidrógeno, escribió atendiendo a la explicación sobre la presencia de oxígeno, que:

> *"De la combustión del gas hidrógeno y de la formación del agua.*
>
> *La formación del agua tiene la particularidad, que las dos sustancias que concurren, a saber, el oxígeno y el hidrógeno, se hallan en el estado aeriforme antes de la combustión; y ambos se transforman por esta operación en una sustancia líquida cual es el agua.*
>
> *Seria pues muy sencilla esta combustión, y no exigiría aparatos muy complicados, si fuese posible obtener los dos gases citados perfectamente puros, y que fuesen combustibles sin quedar ningún*

> *residuo. Entonces podría hacerse el experimento en vasijas pequeñas, y suministrando continuamente los dos gases en la proporción conveniente, se continuaría indefinidamente la combustión. Pero los Químicos no han empleado hasta ahora sino gas oxígeno mezclado con gas azoe; de donde ha resultado que no han podido mantener la combustión del gas hidrógeno sino por un tiempo corto y determinado en vasos cerrados, pues aumentándose continuamente el residuo del gas azoe se debilita y apaga la llama. Este inconveniente (…)"* ***(LAVOISIER, 1798)***

El experimento de la síntesis y el estudio del agua se convirtió en el fenómeno crucial con el que Lavoisier enfrentó las reflexiones y discusiones sobre el flogisto (BERTOMEU, 2006), pues las explicaciones sobre cómo participaba el oxígeno en la producción de una sustancia y así como el aire se había considerado un elemento y ahora era un compuesto, encajaba con su razonamiento y no con el razonamiento de Stahl. La claridad que tenía frente al comportamiento de los fluidos elásticos, el desarrollo de la teoría del calórico (idea que permitió el desarrollo posterior de la termodinámica química) y el uso del calorímetro en las distintas experimentaciones, aunado a la concepción nueva de los ácidos que esclareció la composición del ácido nítrico, permitieron que pudiera construir explicaciones coherentes que hicieron innecesario el uso de la teoría del flogisto, en la explicación de las reacciones y por ende de los cambios químicos presentes.

Si bien es reconocido el uso de la balanza en los métodos de Lavoisier, ¿por qué se le atribuye tanta importancia a un instrumento de origen ancestral? Este instrumento era usado por los farmacéuticos quienes despachaban fórmulas a precisión, como por los comerciantes de metales preciosos que debían hacer los cambios exactos entre oro y plata.

El descubrimiento de nuevos metales como el níquel, manganeso y molibdeno entre otros, exigían nuevas técnicas de trabajo. El estudio de la descomposición del agua que era demostrable mientras se evidenciara por peso el cambio, le hicieron un instrumento importante en los laboratorios, desarrollando técnicas para mejorar su precisión.

Las ecuaciones algebraicas que usó Lavoisier para representar las reacciones químicas es otro de sus grandes aportes, que hizo estudiando los viñedos y la fermentación del jugo de uva. Escribía: "Hay que suponer en todos los experimentos una verdadera igualdad o ecuación entre los principios del cuerpo que se examina y los que se sacan por análisis. Así, puesto que el mosto de uva da gas ácido carbónico y alcohol, puedo decir que: mosto de uva = ácido carbónico + alcohol" (PELLÓN, 2002).

Con esta representación consolidó lo que hoy asumimos como la ley de la conservación de la masa, pues numéricamente demostró que durante una reacción las sustancias cambian, pero no la cantidad de materia presente.

A modo de conclusión es de anotarse que el fenómeno de la combustión suscitó la reflexión frente a las explicaciones más admisibles de lo que sucedía con las sustancias.

El reconocer que los gases hacían parte activa de algunas reacciones, permitió interpretar de otro modo el cambio químico. Había sustancias que en estado gaseoso

intervenían en la combustión, explicando el aumento de peso de la sustancia producto, sobre todo en la calcinación de metales; el trabajo experimental minucioso, metódico a partir de la medición, le condujo a considerar que el oxígeno era un gas presente en el aire, y que por esa razón se fijaba en las sustancias calcinadas, que si se medían las sustancias antes de la reacción y después de la reacción, no había cambio de masa, aportando la ley de conservación de la masa, que se terminó consolidando al incluir el uso de ecuaciones algebraicas para representar el fenómeno, poniendo de manifiesto la necesidad de incluir un lenguaje apropiado.

En la actualidad, nadie duda del poder de representación de las ecuaciones químicas con las cuales se puede producir interpretaciones sobre el cambio químico de las sustancias considerando de un lado las condiciones y de otro lado, las propiedades químicas de las sustancias que intervienen en una trasformación química, donde se vinculan tanto las características físicas en cuanto a la presentación de la sustancia en un estado particular que vincula, emisión o absorción de energía y cambio o no de coloración.

2. COMPONENTE DISCIPLINAR: LA TRANSFORMACIÓN QUÍMICA

2.1 Introducción: El universo

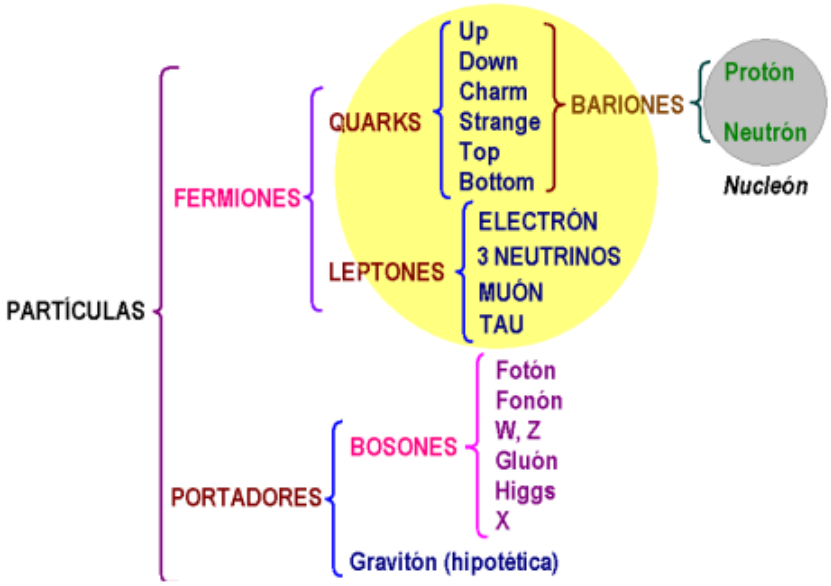
Desde el punto de vista de la cosmología física, el universo es la suma del espacio, el tiempo, la materia y la energía, en un conjunto que está regido por leyes a través de magnitudes (cantidades) físicas. En este contexto, la denominada “gran explosión”, es un modelo teórico y observacional robusto, ampliamente aceptado por la comunidad científica como una explicación sobre el origen de universo. Se estima que el universo surgió de la nada hace 13.730 millones de años; desde entonces existe el tiempo y el espacio. El denominado tiempo de Planck, que equivale a unos $5{,}39 \times 10^{-44}$ segundos, es el lapso más pequeño que es susceptible de medir.

Las evidencias que apoyan la hipótesis de la “gran explosión” surgen de examinar la estructura y distribución actuales del universo, el desplazamiento hacia el rojo de algunas de esas estructuras (galaxias lejanas), la radiación (de fondo) cósmica de microondas y la abundancia relativa de elementos químicos livianos (hidrógeno). En este escenario se plantea que a 1×10^{-35} segundos, después del tiempo de Planck, el universo experimentó una expansión exponencial denominada inflación cósmica que terminó hacia los 1×10^{-33} segundos, dando lugar a un plasma de partículas elementales que se movían en forma relativista. En la

Figura 2-1 se muestra un esquema general de las partículas elementales, en concordancia con el modelo estándar de la física de partículas.

Con la expansión del universo y el descenso de la temperatura tuvo lugar la interacción de quarks y gluones para formar bariones (protones y neutrones) que son los constituyentes de la materia visible; con esto, en el lapso comprendido entre los 100 y los 300 segundos, tuvo lugar la denominada nucleosíntesis primigenia (nucleosíntesis cosmológica ó nucleosíntesis primordial), con lo cual se produjo una mezcla de nucleones que contenía 75% de protio (hidrógeno), cerca del 25% de helio (^{4}He), un poco de deuterio (^{2}H) y una muy pequeña cantidad de litio y de berilio. Al continuar el enfriamiento, la materia dejó de moverse en forma relativista con lo que la gravedad (debida a la densidad) comenzó a dominar sobre la radiación; pasados 300.000 años, los nucleones se unieron con los electrones y formaron átomos (hidrógeno y helio). Con el tiempo, ciertas regiones ligeramente densas de materia crecieron gravitacionalmente, haciéndose más densas; entonces, se formaron nubes, estrellas, galaxias y otras estructuras astronómicas (SERWAY, MOSES, & MOYER, 2005).

Figura 2-1: Partículas elementales según el modelo estándar de la física de partículas



Además de la nucleosíntesis primordial, en el universo también tienen lugar la nucleosíntesis estelar, la nucleosíntesis de supernovas y la espalación de rayos cósmicos. Gracias a las reacciones de fusión, durante su proceso evolutivo las estrellas consumen hidrógeno y producen elementos químicos ligeros, medianos y algunos pesados, a partir de hidrógeno y helio; de esta forma, el oxígeno que respiran los organismos heterótrofos, que el carbono de los árboles, que el hierro de la hemoglobina y que el nitrógeno de las proteínas, se formaron hace mucho tiempo, en el corazón de las estrellas. Al morir las estrellas no masivas, sus componentes se dispersan en el espacio donde se mezclan con gases (hidrógeno y helio) para formar nubes (nebulosas). Los elementos más pesados que el hierro, los metales nobles (como el oro, el platino y la plata) y los elementos radioactivos como el uranio y el torio se forman en virtud de las fuertes interacciones nucleares que se presentan cuando ocurre la muerte de una estrella masiva, en un fenómeno llamado explosión de supernova; aquí, nuevamente los residuos de la estrella se esparcen por el espacio y se concentran en las nebulosas. (GARRITZ, 1994)

La acción de la gravedad puede hacer que en las nebulosas se formen núcleos, que luego arden como estrellas, con la formación de planetas a su alrededor (sistemas planetarios), algunos sólidos como la tierra y venus; con lo cual, es claro que sus componentes elementales se formaron hace mucho tiempo en el corazón de las estrellas. Por último, se cree que algunos elementos ligeros como el litio, el berilio y el boro, resultan de la colisión entre los núcleos de carbono, nitrógeno y oxígeno, presentes en

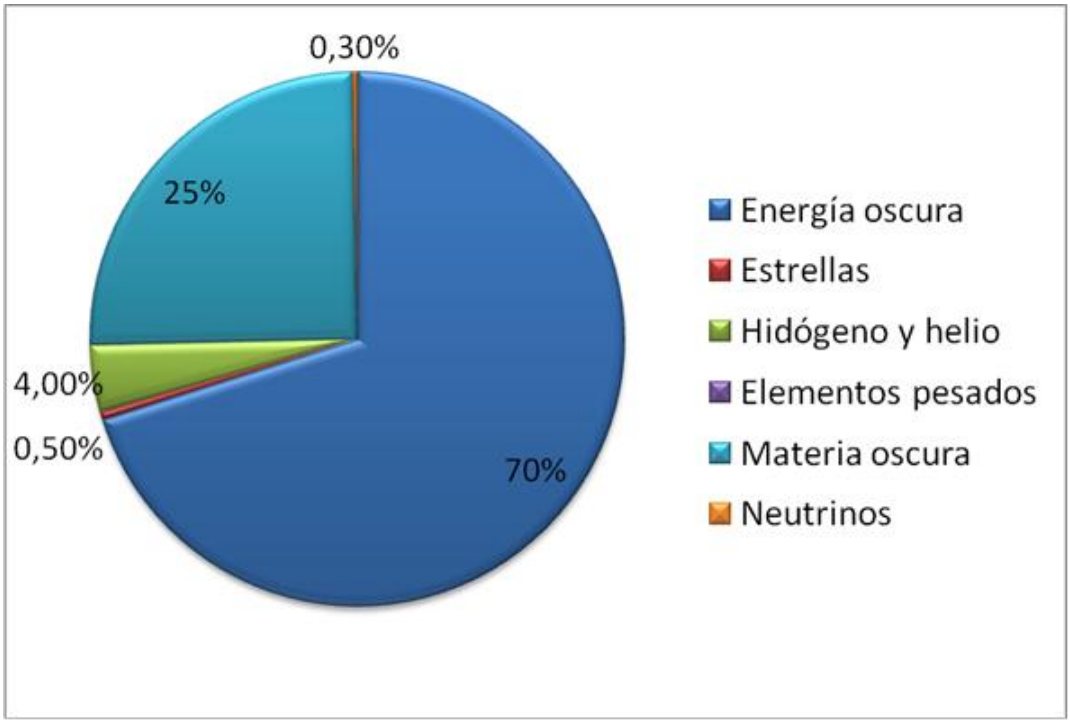
los rayos cósmicos y la materia interestelar. Queda entonces así explicado el origen de los átomos (de los elementos químicos), que son los constituyentes de la denominada materia bariónica. Tal como se verá más adelante en el contexto de un sistema termodinámico, los átomos pueden interactuar para formar moléculas.

A pesar de estas explicaciones, el concepto de materia es mucho más amplio. En términos de la física moderna, la materia hace referencia a una entidad, campo o discontinuidad que forma parte del universo, que puede tener masa, que ocupa un lugar en el espacio, que permanece o se propaga con el tiempo, que tiene energía asociada y es que es capaz de interactuar con la energía misma o con otras formas de materia (FEYNMAN, LEIGHTON, & SANDS, 2000). En este mismo contexto, la energía es una magnitud (propiedad, atributo o cualidad medible) abstracta (conceptualmente aislada) que está ligada a la condición dinámica del universo y que por demás permanece invariable con el tiempo en términos de la relación entre masa y energía; esto es,

$$E = mC^2$$

Donde E es la energía, m es la masa y C es la velocidad de la luz ($3{,}9979 \times 10^8$ m s^{-1}).

Figura 2-2: Composición cosmológica del universo



En gran medida, la energía visible ayuda a configurar un universo observable, denominado horizonte cosmológico, que parece tener un espacio tiempo plano, con una densidad masa–energía del orden de $9{,}9 \times 10^{-30}$ g cm^{-3}. Sin embargo, además de

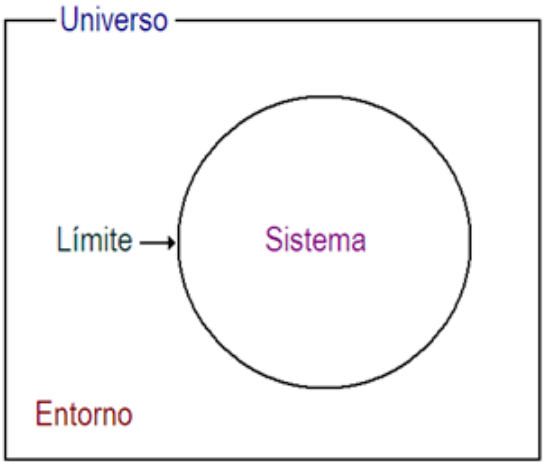
materia másica (materia visible y energía visible), el universo también está constituido por energía oscura y materia oscura. Tal como se muestra en la Figura 2-2, en la actualidad se cree que cerca del 4,83% del universo es materia másica, dentro de la cual se incluye la materia bariónica (materia visible, átomos, energía "visible") y neutrinos (0,3%); así mismo, se postula que el 25% es materia oscura y que el 70% es energía oscura (SERWAY, MOSES, & MOYER, 2005).

2.2 Sistema termodinámico

Ahora que se tiene información sobre el origen y la composición del universo, conviene establecer que una sustancia química es una porción de materia másica (bariónica) que tiene cualidades, características o propiedades que la diferencian en distintos tipos. En gran medida el objeto central de la química se traduce en el estudio de las propiedades de la materia bariónica y del comportamiento de los átomos, los iones y las moléculas), es decir de las sustancias y de su interacción con la energía visible en sus diferentes formas.

En el universo existen muchas clases de energía visible. Para estudiar la interacción de la materia con la energía o de las sustancias con otras formas de materia se hace necesario seleccionar o definir a conveniencia una porción del universo. Esa fracción del universo físico, que se convierte en un objeto de estudio, se denomina sistema termodinámico. Tal como puede verse en la Figura 2-3, un sistema termodinámico, tan grande o tan pequeño como se desee, se separa del universo por medio de paredes, límites o fronteras; ahora bien, todo aquello que no es sistema se llama entorno, alrededores, medio ambiente o simplemente el "resto del universo" (LÓPEZ ARANGO, 1999) Algunos ejemplos de sistemas termodinámicos son una galaxia, el sistema solar, la tierra, la luna, un océano, el organismo humano, un ojo, un diente, un motor de explosión interna, un órgano, una célula, la mitocondria, una molécula o un átomo.

Figura 2-3: Ilustración hipotética de un sistema termodinámico



Es claro entonces que un sistema termodinámico está constituido por sustancias y que estas pueden ser puras (elementos químicos y compuestos) o mezclas como el agua de mar, las rocas, la atmósfera terrestre, el petróleo, el gas natural, el plasma sanguíneo,

una sopa, el concreto, el acero o un licor. Adicionalmente las mezclas pueden ser homogéneas, en la medida en que el estado de agregación de las partículas es tan pequeño que no es posible diferenciar unas de otras o heterogéneas, en las cuales se identifican ciertas discontinuidades denominadas fases (LÓPEZ ARANGO, 1999).

2.2.1 Clases de energía visible

En el universo, una de las principales manifestaciones de la energía visible es la energía radiante: En esencia, se trata de perturbaciones que se propagan en forma de ondas electromagnéticas. Tal como se muestra Figura 2-4, las ondas electromagnéticas tienen tres características: 1. La longitud de onda (λ). 2. La frecuencia de onda (υ). 3. La amplitud de onda (A). La longitud de onda y la frecuencia de onda son propiedades recíprocas; esto es,

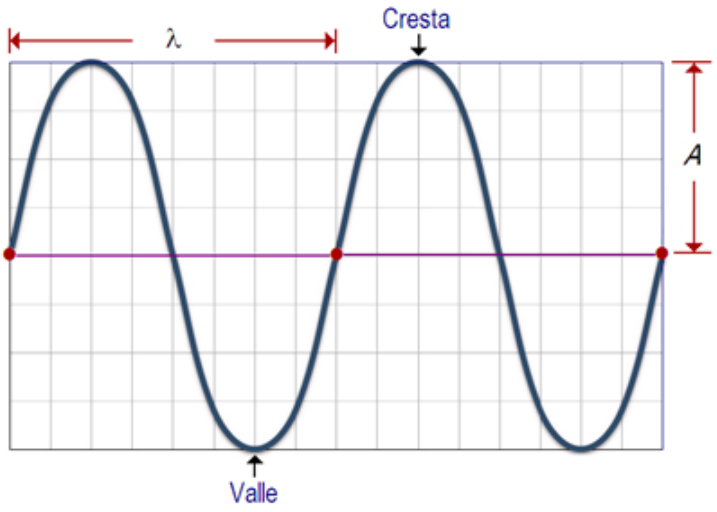
$$v = \frac{1}{\lambda}$$

La energía que se asocia a una onda electromagnética está dada por la ecuación de Planck:

$$E = hv = \frac{h}{\lambda}$$

Donde h es la constante de Planck (h = 6,6261x10^{-34} J s).

Figura 2-4: Ilustración de las características de una onda

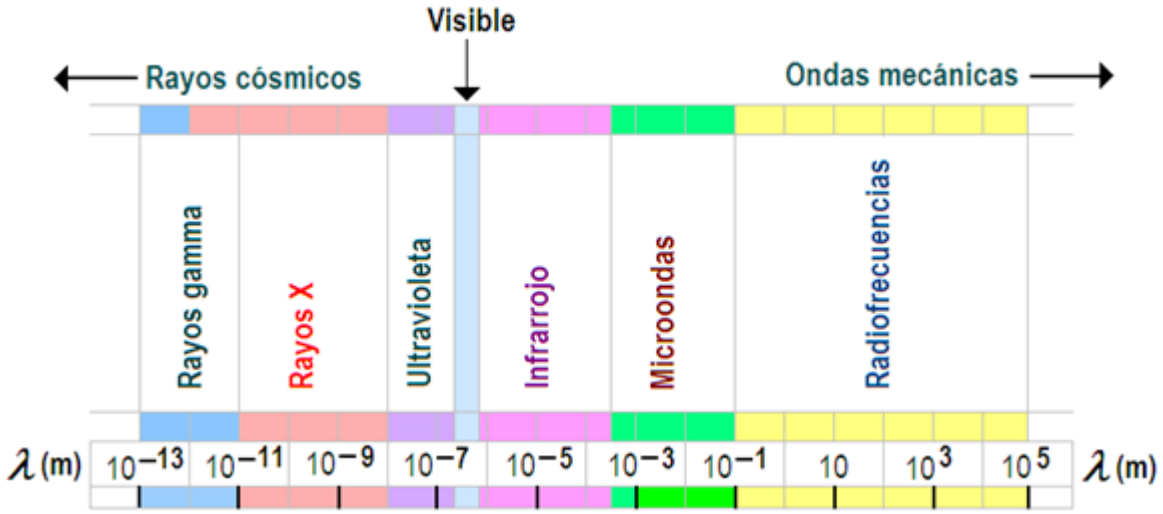


En función de la longitud de onda (λ) o de la frecuencia de onda (v), la energía radiante se organiza en una presentación conocida con el nombre de espectro electromagnético. En la Figura 2-5 se muestran las regiones del espectro electromagnético en función de la longitud de onda (REQUENA RODRÍGUEZ, 2004)

Con respecto al propio sistema termodinámico existe una energía interna que responde a una sumatoria de la energía translacional, la energía rotacional, la energía vibracional y

la energía electrónica que en algún momento dado tenga el mismo sistema o sus componentes. En otro sentido, en función de la posición especial relativa del sistema o de la velocidad de desplazamiento que tenga, la energía puede ser potencial o cinética. Es posible afirmar que mientras un sistema se traslade con una velocidad inferior a la de la luz, siempre tendrá una energía neta que consiste en la suma de la energía cinética más la energía potencial.

Figura 2-5: División del espectro electromagnético:



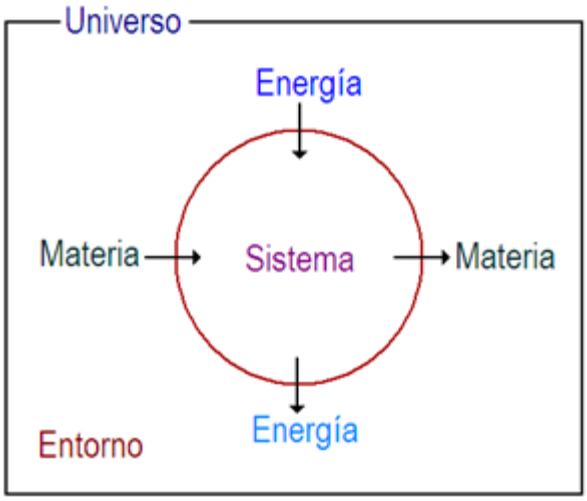
2.2.2 Clases de sistemas termodinámicos

Una de las características inherentes a los sistemas termodinámicos es que pueden interactuar con el entorno a través de sus paredes. Tal como se ilustra en la Figura 2-6, al sistema puede ingresar o egresar materia, puede entrar o salir energía; luego, desde este punto de vista existen varias clases de sistemas: abierto, cerrado y aislado (GLASSTONE, 1970).

El sistema abierto es capaz de intercambiar materia y energía con los alrededores; dos ejemplos muy dicientes de este sistema son la tierra como planeta y los seres vivos. El sistema cerrado no permite el intercambio de materia pero permite el intercambio de energía en alguna de sus formas; una botella tapada con líquido en su interior y un cajón sellado (hermético) de madera, son casos que se aproximan a un sistema cerrado.

En algunas ocasiones las fronteras del sistema no permiten ni el intercambio de materia, ni el intercambio de calor (una forma de energía térmica), pero sí de otras formas de energía; se dice entonces que tal sistema posee paredes adiabáticas (LÓPEZ ARANGO, 1999). Los llamados termos (vasos Dewar o vasos de Arsonval), que se suelen utilizar para guardar bebidas “calientes” o “frías”, son buenos ejemplos de sistemas adiabáticos; por el contrario, un sistema de paredes diatérmicas es compatible con un sistema cuyas fronteras facilitan el paso del calor.

Figura 2-6: Ilustración de la capacidad de un sistema termodinámico para intercambiar materia y energía con el entorno



2.2.3 Propiedades de los sistemas termodinámicos

El hecho de que el sistema termodinámico pueda interactuar con el medio ambiente también permite esclarecer que el sistema tiene ciertas cualidades, características o propiedades que definen su permanencia o su capacidad de modificación con el tiempo. Tales propiedades pueden ser extensivas o intensivas en la medida en que dependan de la cantidad de materia que esté contenida en el sistema, generales o específicas si son comunes a todos los sistemas o particulares para algunos, medibles si la magnitud de la propiedad en un sistema determinado se puede comparar con un patrón de referencia previamente establecido y, físicas o químicas si el sistema se involucra en cambios de fases o en transformaciones que implican el concurso de la estructura de los átomos (CHANG R. , 2008)

En este sentido algunas propiedades como la presión, la masa, el volumen y la cantidad de sustancia, son extensivas; otras, como la temperatura, la densidad y la conductividad eléctrica, son intensivas. En otro sentido, el punto de ebullición, el índice de refracción, el color, la densidad y el brillo, son propiedades específicas, mientras que el volumen, la masa, la presión y la temperatura, son cualidades generales (LÓPEZ ARANGO, 1999).

Las propiedades físicas son aquellas que persisten mientras no cambie la estructura de los átomos o de las moléculas. En esencia, a un sistema termodinámico, constituido por una sustancia pura (elementos o compuestos) o por mezclas, se le pueden encontrar numerosas propiedades; es por ello que se creó la necesidad de distinguir entre propiedades básicas y propiedades derivadas y esto hizo que organismos como la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada se interesara en el asunto en términos de cantidades (magnitudes) físicas, unidades y símbolos.

Por convención, las cantidades físicas se organizan en un sistema dimensional soportado en siete propiedades (cantidades o magnitudes). La Tabla 2-1 muestra de las propiedades básicas, en concordancia con el Sistema Internacional de Cantidades (ISQ), cada una con el símbolo adoptado para la cantidad y el símbolo adoptado para la

dimensión; es necesario recordar, que el denominado Sistema Internacional de Unidades (SI) está basado en el Sistema Internacional de Cantidades (LÓPEZ ARANGO, 1999).

Tabla 2-1: Cantidades básicas, símbolo y dimensiones.

Propiedad básica	Símbolo	Dimensión
Longitud	l	L
Masa	m	M
Tiempo	t	T
Corriente eléctrica	I	I
Temperatura termodinámica	T	Θ
Cantidad de sustancia	n	N
Intensidad luminosa	I_v	J

Todas las demás propiedades de un sistema termodinámico, llamadas cantidades derivadas tienen dimensiones que se derivan algebraicamente de las propiedades básicas ya sea por multiplicación o por división. Ejemplos: la propiedad volumen (V) tiene dimensiones $LxLxL$; esto es, L^3. La propiedad energía (E) tiene dimensiones ML^2T^{-2}. La densidad tiene dimensiones ML^{-3}. La fuerza ($\boldsymbol{F}$) tiene dimensiones MLT^{-2}. La presión (P) tiene dimensiones $MT^{-2}\ L^{-1}$.

Una unidad de medida es una cantidad estandarizada, convencionalmente aceptada, para una determinada propiedad o magnitud física. Todas las unidades representan escalares; esto es, las cantidades se representan por números únicos e invariables. El denominado Sistema Internacional de Medidas, creado por el Comité Internacional de Pesos y Medidas, ha establecido los siguientes unidades de medida para las siete propiedades básicas (magnitudes fundamentales): el metro (m) para la longitud, el kilogramo (kg) para la masa, el segundo (s) para el tiempo, el amperio (A) para la intensidad de corriente eléctrica, el kelvin (K) para la temperatura termodinámica, el mol para la cantidad de sustancia y la candela (cd) para la intensidad luminosa (CHANG R. , 1992).

2.2.4 Estado de un sistema

El estado de un sistema termodinámico queda definido, en términos de materia y energía, cuando todas y cada una de sus propiedades físicas tienen un valor fijo; en un sentido riguroso, se dice que el sistema está en equilibrio. Existen sin embargo, unas pocas propiedades, denominadas variables de estado (propiedades termodinámicas o potenciales termodinámicos), que permiten caracterizar el estado de un sistema termodinámico en equilibrio; algunas de ellas son “básicas” como la presión (P), el volumen (V) y la temperatura (T) y otras, como la energía interna (U), la entalpía (H), la entropía, la energía de Gibbs (G), la energía de Helmholtz (A) y el potencial químico (μ), resultan al realizar operaciones lineales con las propiedades básicas; un ejemplo de esto lo constituye la relación,

$$H = U + PV$$

Con respecto al estado termodinámico de un sistema ya sea que esté constituido por una sustancia pura (elemento o compuesto) o por una mezcla, merecen especial atención aquellas condiciones que permiten definir lo que se llama estado físico del sistema. Los diferentes estados físicos de una sustancia, sólido, líquido y gaseoso, se definen en función del volumen y la forma del sistema. En el estado sólido, la sustancia conserva el volumen y la forma; en el estado líquido, la sustancia conserva el volumen pero adopta la forma de las paredes del sistema (o del recipiente que lo contiene); en el estado gaseoso, la sustancia no conserva ni el volumen, ni la forma (FEYNMAN, LEIGHTON, & SANDS, 1998).

Es posible modificar el estado físico de una sustancia en el sentido sólido → líquido → gaseoso, si se le suministra energía (generalmente en forma de calor); también se sabe que es factible modificar el estado físico de una sustancia en el sentido gaseoso → líquido → sólido, si al sistema se le extrae energía (generalmente en forma de calor). De esta manera se obtienen las curvas de calentamiento o de enfriamiento, respectivamente.

2.3 Proceso termodinámico

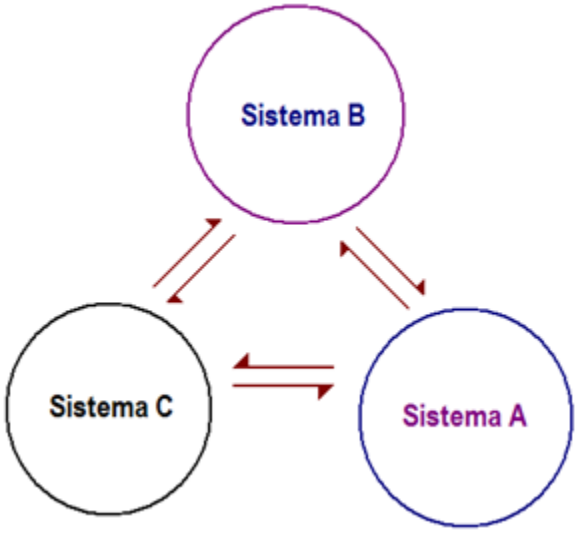
Gracias a la interacción con el entorno, las propiedades de un sistema termodinámico pueden cambiar con el tiempo. Si al menos una de las propiedades físicas del sistema se modifica, en la más mínima cantidad, entonces se dice que tiene lugar un proceso, cambio o transformación. Si la magnitud que cambia es una propiedad termodinámica se habla entonces de un proceso termodinámico. En un proceso termodinámico no solo intervienen las denominadas variables de estado sino que además surgen otras dos características, de carácter energético, que dependen de la trayectoria o del camino seguido por el sistema durante la transformación; estas cualidades se llaman propiedades de trayectoria y son el calor (q) y el trabajo (w). Conceptualmente el calor y el trabajo son cantidades que fluyen a través de las paredes de un sistema en virtud de un proceso termodinámico; es decir, durante un cambio de estado (FEYNMAN, LEIGHTON, & SANDS, 1998).

Las denominadas leyes de la termodinámica; esto es, la ley cero (ley del equilibrio térmico), la primera ley (o primer principio), la segunda ley (o segundo principio) y la tercera ley (principio de Planck o teorema del calor de Nernst), se interpretan y se aplican a partir de relaciones entre propiedades de estado y propiedades de trayectoria.

2.3.1 La ley cero de la termodinámica

Los primeros enunciados que llevaron a la consolidación del principio cero de la termodinámica, también conocido como ley del equilibrio térmico o ley cero de la termodinámica, se deben a James Clerck Maxwell (1831–1879) y Ralph Howard Fowler (1889–1944). Según esta ley, si un sistema A está en equilibrio térmico con un sistema termodinámico B y el sistema B está en equilibrio térmico con un sistema C, entones los sistemas A y C están en equilibrio térmico. En la Figura 2-7 se ilustra esta situación.

Figura 2-7: Esquema ilustrativo de la ley cero de la termodinámica.



La ley cero de la termodinámica está muy relacionada con el concepto de temperatura y de fuente de calor (CASTELLAN, 1987). Se ha dicho que el calor (una forma de energía térmica) es una cantidad que fluye a través de las paredes de un sistema en virtud de un cambio de estado y este hecho permite esclarecer el significado de una fuente de calor en la medida en que esta propiedad de trayectoria puede propagarse por radiación, conducción y convección. En el universo primigenio el calor se generó como consecuencia de la gran explosión y la liberación de increíbles cantidades de energía; en las galaxias el calor se produce por efecto de los agujeros negros, por explosiones supernova y colapso de estrellas; en las estrellas el calor se produce en grandes escalas debido a la fusión de núcleos de hidrógeno para formar elementos; también se originan inmensas cantidades de calor por efecto de la radiación sobre la materia másica y por colisiones cosmológicas. A escalas más pequeñas, el calor puede producirse por efectos mecánicos (fricción, abrasión, impactos, cortes), por arco eléctrico (corto circuito), por incandescencia de elementos o compuestos y por reacciones químicas (oxidación, combustión, descomposición, entre otras).

Ante la presencia de una fuente de calor en los alrededores (en el entorno), un sistema termodinámico podrá experimentar una transferencia de energía térmica (calor) que es proporcional a la temperatura termodinámica (T) de la fuente; esto es,

$$q = aT$$

donde a es una constante que está relacionada con la naturaleza del sistema (capacidad calorífica, conductividad térmica y masa). Cuando el calor se transfiere al sistema, éste sufre un cambio de temperatura, se dilata o presenta cambios de estado físico; pero si no hay transferencia de calor, el hecho significa que la fuente y el sistema pueden encontrarse a la misma temperatura y, precisamente en esta circunstancia se basa la ley cero de la termodinámica. Así, la temperatura surge como una propiedad que permite verificar la existencia del equilibrio térmico. A la acción de medir la temperatura de un sistema termodinámico se le llama termometría.

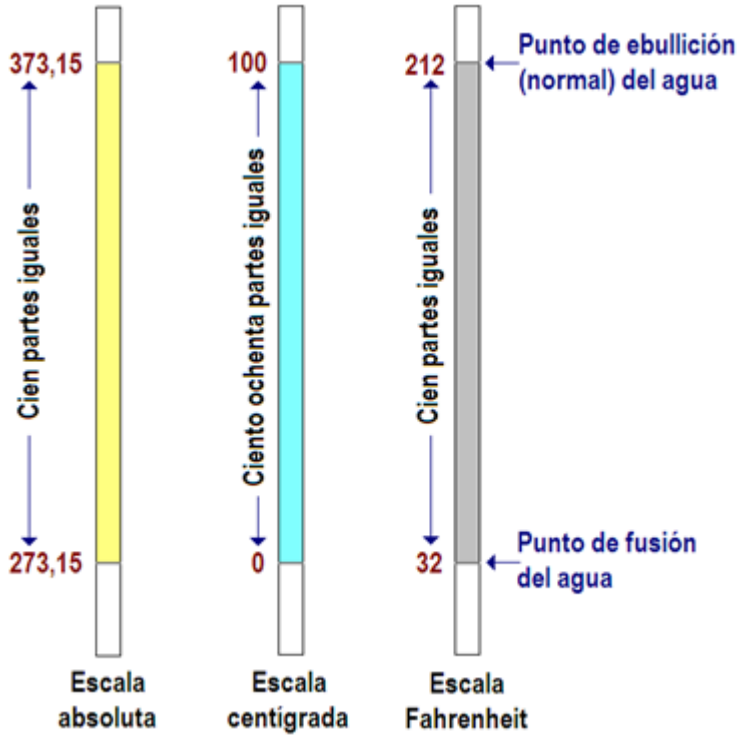
La termometría tiene fundamento en las propiedades termométricas de un sistema. Se ha mencionado que uno de los efectos del calor sobre los sistemas es modificar la temperatura; sin embargo, también existen otras propiedades que se alteran: el volumen de los gases, la conductividad eléctrica de los metales, el color y la resistencia eléctrica, entre otras. Más aún, algunas de estas propiedades varían en forma proporcional con la temperatura; entonces, surgen las escalas termométricas y con ellas, los termómetros.

Las escalas termométricas más conocidas son la escala Kelvin (también conocida como escala absoluta o escala termodinámica), la escala centígrada (escala Celsius) y la escala Fahrenheit (LÓPEZ ARANGO, 1999). En tiempos pasados se utilizaron las escalas Rankine, Reaumur, Romer, Delisle, Newton y Leiden. En la Figura 2-8 se ilustran las escalas Kelvin, Celsius y Fahrenheit, a partir de las cuales es posible establecer las siguientes equivalencias:

$$K = °C + 273{,}15$$

$$°F = \frac{9}{5}°C + 32$$

Figura 2-8: Esquemas ilustrativo de las escalas más comunes de temperatura.



Con base en las escalas termométricas, es posible diseñar y fabricar distintas clases de termómetros. El termómetro clásico es el de gas; un dispositivo en el cual se dispone de un bulbo (típicamente de vidrio), acoplado a un tubo angosto (capilar) que contiene un sello (tapón) de mercurio; el aparato se pone en contacto con un sistema de prueba y si de este fluye calor, el gas se dilatará (se expandirá) hasta alcanzar una posición de

equilibrio; el ajuste de una escala conveniente permitirá leer la temperatura (LÓPEZ ARANGO, 1999). También son muy usuales el termómetro de bulbo de mercurio (ahora proscrito) y de depósito de alcohol con escalas en vidrio; de igual forma existen termómetros basados en resistencias eléctricas, en pares metálicos (termocuplas), en variaciones de color y en lectores de radiación térmica (pirómetros). En cualquiera de estos casos, la presentación de la lectura puede hacerse en forma analógica o en formatos digitales.

Finalmente, es pertinente destacar que por convención se define que las condiciones estándar termodinámicas equivalen a una temperatura de 298,15 K y una presión de 1,0 bar (1,0 bar es igual a 100.000 pascales; esto es, casi igual a 1,0 atmósfera que equivale a 101.325 pascales); en la práctica la expresión coloquial “realizado a condiciones ambiente” debe sustituirse por una expresión que diga que la propiedad ó el comportamiento se ha evaluado a condiciones estándar termodinámicas.

2.3.2 Transformación física

Se ha dicho que un sistema termodinámico puede estar constituido por sustancias puras o por mezclas. Las sustancias puras pueden ser elementos químicos o compuestos químicos. Macroscópicamente los elementos químicos son enormes agrupaciones de átomos de la misma naturaleza mientras que los compuestos son inmensas agrupaciones de moléculas de la misma composición y estructura.

A partir de los postulados de la teoría cuántica y de su aplicación a la interpretación de la estructura del átomo, se sigue que el átomo es una agrupación de bariones (protones y neutrones), que constituyen un núcleo denso, con electrones (leptón), que numéricamente son iguales al número de protones, dispuestos en niveles de energía (potencial) creciente. Al número de protones que tiene un átomo se le llama número atómico y se designa con la letra Z. En cada uno de los distintos niveles de energía (que tienen valores 1, 2, 3, 4, … , existen subniveles (orbitales) que contienen un determinado número de electrones, dispuestos en una secuencia discreta. Los orbitales reciben las denominaciones s, p, d, f, g, … y con ellos es posible construir una presentación llamada distribución electrónica (CHANG R. , 1992). Así por ejemplo el número atómico del oxígeno es 8; esto significa que el átomo de oxígeno tiene 8 protones y 8 electrones; luego, es posible verificar que la distribución electrónica del oxígeno es la siguiente:

$1s^2\ 2s^2\ 2p^4$

Es de anotar que en los orbitales más externos del átomo de oxígeno (ambos del nivel 2), existen 6 electrones.

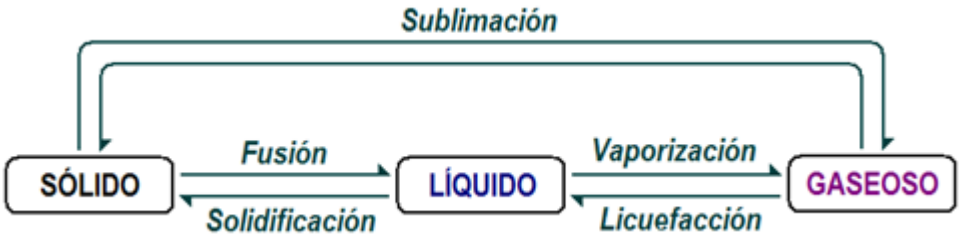
El número atómico de hierro es 26; esto significa que el átomo de hierro tiene 26 protones y 26 electrones; luego, es factible comprobar que la distribución electrónica del hierro es:

$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$

Curiosamente, tal como ocurre con otros elementos (llamados elementos de transición), en el átomo de hierro el orbital 4*s* tiene “menos energía” que el orbital 3*d*; pero aun así es posible advertir que en los orbitales más externos (4*s* y 3*d*) se encuentran 8 electrones.

Estos hechos sirven para decir que los sistemas termodinámicos pueden someterse a distintas transformaciones sin que la estructura electrónica de los átomos cambie; esto es, sin que para el mismo átomo desaparezcan o se sumen electrones. En este mismo sentido, si el sistema está conformado por uno o más compuestos, las moléculas de estas sustancias no sufren alteraciones (por ejemplo ruptura o formación de enlaces químicos) como consecuencia de los cambios de estado. En estos casos se habla de transformación física. Tal como se muestra en la Figura 2-9, algunos ejemplos de cambios físicos son los siguientes: la fusión (de un sólido), la evaporación (de un líquido), la sublimación, la solidificación y la licuefacción. Las transformaciones alotrópicas o cambios de fase también representan cambios físicos (SIENKO & PLANE, 1973).

Figura 2-9: Ilustración de los cambios físicos de las sustancias químicas.



2.3.3 Cambio químico

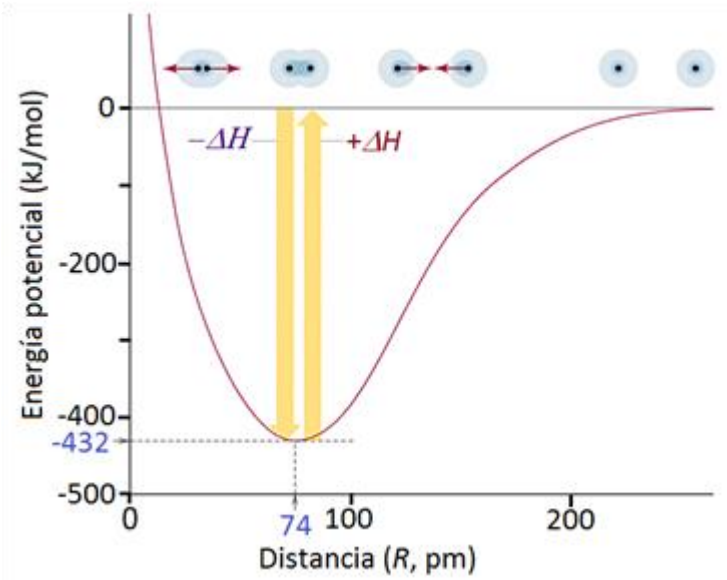
Por encima de muchas propiedades, los átomos de los elementos químicos tienen una característica fundamental: según las condiciones de presión y temperatura, pueden interactuar, algunas veces consigo mismo pero muchas veces con otros átomos para formar moléculas; la existencia de tales moléculas se debe a la capacidad que tienen tales átomos de unirse, en proporciones definidas y en proporciones múltiples, a través de enlaces químicos. El enlace químico permite que a condiciones estándar termodinámicas algunos elementos como el hidrógeno (H_2), el oxígeno (O_2), el nitrógeno (N_2), el flúor (F_2), el cloro (Cl_2), el yodo (I_2) y el boro (Br_2), existan en forma de moléculas diatómicas. El ozono (O_3), el fósforo blanco (P_4), el azufre (S_8), el carbono en forma de diamante (C_n) también son moléculas homoatómicas (de un mismo átomo) que existen gracias al enlace químico (CHANG R. , 1992).

Pero, más allá de esto, existen numerosísimas y variadas moléculas heteroatómicas (formadas por distintos átomos y en diferentes proporciones), cuyas estructuras se explican a través de la formación de enlaces químicos. Algunos ejemplos de moléculas sencillas son el agua (H_2O), el amoniaco (NH_3), el metano (CH_4), el dióxido de carbono (CO_2), el cloro formo ($CHCl_3$), el formaldehido (H_2CO), el monóxido de carbono (CO), el cloruro de hidrógeno (HCl), el hidruro de boro (BH_3) y el hidróxido de sodio (NaOH), entre otras; algunas moléculas complejas, en términos de composición y estructura, son la sacarosa, el polietileno, la clorofila y el DNA.

Como consecuencia de lo expuesto es posible afirmar que el enlace químico es un fenómeno por el cual dos átomos de una misma clase ó distintos interactúan entre sí para formar sistemas que energéticamente son más estables que las especies aisladas. Un hecho cierto es que en la formación del enlace químico intervienen los electrones mas externos (llamados electrones de valencia) de los átomos y es claro que toda unión química implica la participación de un par electrónico (dos electrones). En cierto tipo de unión química, el par electrónico del enlace se transfiere por completo a uno de los átomos que participa en el proceso, a este tipo de unión se le denomina enlace iónico; en otros casos la unión química se forma como resultado de la compartición de los electrones entre los dos átomos que interactúan, surge así el denominado enlace covalente (ZUMDALH, 1992).

A diferencia de los cambios físicos, la formación de un enlace entre dos átomos implica el reordenamiento (posicional) de los núcleos y de los electrones de tal forma que la energía de la nueva especie (molécula) es menor que la energía total de los átomos separados. Este hecho se ilustra en la Figura 2-10, para el caso de la formación de la molécula de hidrógeno (H_2).

Figura 2-10: Diagrama de energía potencial para la formación de la molécula de H2.



Así las cosas, la fuerza que es responsable del enlace iónico se interpreta a partir de una interacción electrostática; mientras tanto, la descripción del enlace covalente solo es posible con la ayuda de la mecánica cuántica en la medida en que uno de sus principales logros es el de poder calcular la energía potencial de la molécula con relación a la energía potencial de los átomos separados.

Con todo lo expuesto, se sigue que en un sistema termodinámico la transformación química puede implicar interacción entre átomos, reacción entre átomos y moléculas y, cambios entre moléculas. Muchísimos fenómenos como la oxidación de los metales, la combustión de la gasolina, la respiración de los seres vivos, la fotosíntesis de los vegetales, la fermentación de los azúcares, la reducción de las olefinas, la tintura del

algodón, la saponificación de las grasas, el fraguado del cemento Portland, la hidrólisis del almidón, la vulcanización del caucho, la descomposición térmica de la caliza y la carbonización de la madera, son procesos que tienen lugar en un sistema termodinámico como una manifestación de cambios químicos, en los cuales se rompen o se forman enlaces químicos.

Así como los elementos químicos se representan con símbolos atómicos y los compuestos con fórmulas moleculares, existe una forma general de representar un cambio químico; esta forma se ilustra en la Ecuación 2-1
.

Ecuación 2-1: Escritura general de una ecuación química.

$$\alpha A_{(s)} + \beta B_{(l)} + \ldots \rightarrow \gamma D_{(g)} + \delta C_{(s)} + \ldots + E$$

Tal escritura se denomina ecuación química y en ella A, B, C, D, …, son símbolos ó fórmulas; α, β, γ, δ, …, son factores (coeficientes) estequiométricos; los subíndices (s), (l), (g), representan el estado físico de las sustancias que intervienen; el símbolo "$\rightarrow$" (a veces $\rightleftharpoons$) significa da, produce, rinde; finalmente, E, representa la energía implicada en la transformación, sea que se requiera o sea que se produzca (CHANG R. , 1992). Un ejemplo de ecuación química lo constituye la representación de la reacción entre el carbonato de sodio y el ácido sulfúrico:

$Na_2CO_{3(s)} + H_2SO_{4(l)} \rightarrow Na_2SO_{4(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + E$

La escritura correcta de ecuaciones químicas no solo demanda el conocimiento previo de las sustancias que intervienen en la reacción sino también de la realización de experimentos controlados, de una cuidadosa observación de las reacciones y de un riguroso análisis de los productos.

3. COMPONENTE DIDÁCTICO

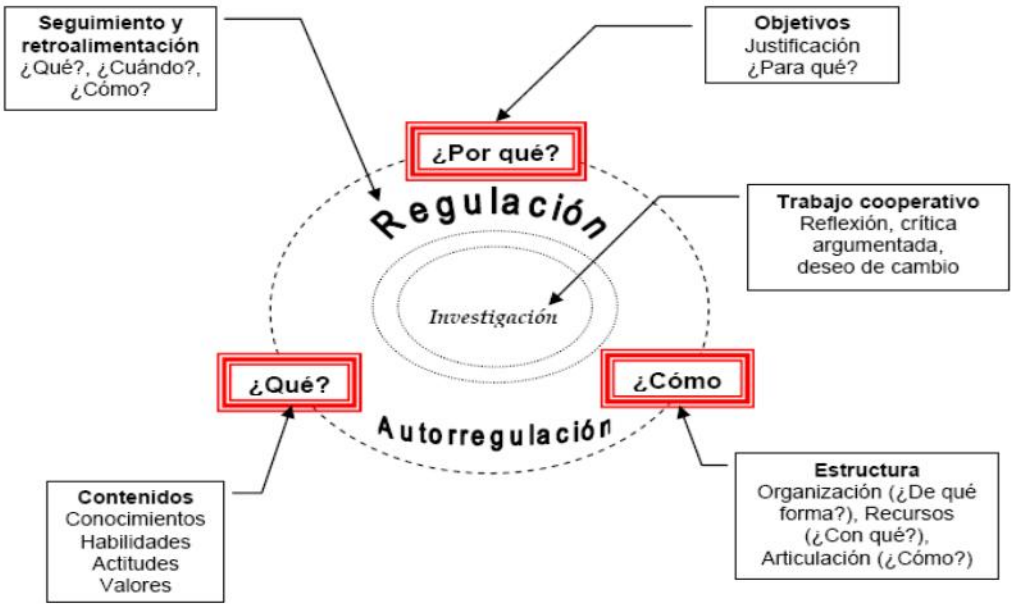
Una unidad didáctica debe considerar: qué enseñar, cómo enseñar, cuándo enseñar y evaluar, para así ofrecer la más adecuada atención a la diversidad de los estudiantes. Por lo tanto, el docente debe construir el orden o la secuencia didáctica involucrando conceptos, procedimientos y actitudes en las actividades propuestas, a fin de proporcionar un conjunto de aprendizajes significativos que permitan a sus educandos construir sus conocimientos. Se diseña así, una unidad integrada al entorno del estudiante, con una secuencia de actividades que lo estimulan a construir el conocimiento, teniendo como eje central el componente histórico, el cual es el hilo conductor para el desarrollo del proceso de aprendizaje del concepto de cambio químico en grado octavo. En este capítulo se hablará del aprendizaje significativo en las ciencias naturales y de la importancia de las unidades didácticas como parte de este proceso.

El autor (GARCÍA MARTÍNEZ, 2004) detalla los criterios para tener en cuenta en la planeación de una unidad didáctica y la define como un *"sistema que interrelaciona los elementos que intervienen en el proceso de enseñanza- aprendizaje, con una alta coherencia metodológica interna, empleándose como instrumento de programación y orientación de la práctica docente. Se estructura mediante un conjunto de actividades que se desarrollan en un espacio y tiempo determinado para promover el aprendizaje de los estudiantes".* Luego, las unidades didácticas se soportan en los siguientes elementos: objetivos, contenidos, estructura, metodologías de trabajo en el aula y evaluación (

Figura 3-1, tomada de (GARCÍA MARTÍNEZ, 2004))

El hecho de planificar un proceso de enseñanza con la finalidad de que todos los estudiantes aprendan es una tarea muy compleja. Además cada grupo es diferente: lo son los estudiantes, los docentes, los materiales didácticos de los que se pueden disponer y, en general, todo el contexto. Por eso es difícil que materiales diseñados por otros puedan aplicarse sin más en un aula, por lo que todo docente tiene que ser, en mayor o menor grado, un "creador" de unidades didácticas. Este hecho es lo que confiere especial interés a la profesión de la enseñanza. Si se quiere que todos los estudiantes aprendan, no se puede caer en la rutina ni en la aplicación mecánica de libros de texto o similares. Siempre debe estar dispuesto a innovar y a investigar nuevas formas de trabajo. Sin embargo no debe confundirse la innovación con probar nuevas actividades al azar. Los cambios en la enseñanza deberían basarse en los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias ya que, en caso contrario, la innovación podría reducirse a la realización de actividades que ya se han demostrado no útiles.

Figura 3-1: Elementos de una Unidad Didáctica



Se ha planteado que "Diseñar una unidad didáctica para llevarla a la práctica, es decir, explicar qué se va enseñar y cómo, es la actividad más importante que llevan a cabo los enseñantes, ya que a través de ella se concretan sus ideas y sus intenciones educativas. Una persona puede haber aprendido nuevas teorías didácticas y puede verbalizar que tiene una determinada visión acerca de qué ciencia es importante que sus alumnos aprendan o acerca de cómo se aprenden mejor las ciencias, pero es el diseño de su práctica educativa donde se refleja si sus verbalizaciones han sido interiorizadas y aplicadas". (SANMARTÍ, 2002).

3.1 Aprender a aprender

En contraste al aprendizaje memorístico, en la actualidad se impulsa un modelo educativo que se centra no en el profesor, como en el modelo tradicional ni tampoco en el alumno como se llegó a proponer en algunas escuelas de tipo activo. Se busca centrar el modelo educativo en el aprendizaje mismo, el cual deberá ser propiciado por el docente, implicando en ello todo su profesionalismo.

Tabla 3-1: Modelo pedagógico centrado en el aprendizaje

El docente	El estudiante
• Diseña actividades de aprendizaje	• Realiza actividades
• Enseña a aprender	• Construye su propio aprendizaje
• Evalúa	• Se autoevalúa

El papel del estudiante en este modelo no es sólo activo, es proactivo; luego, la función del trabajo docente no puede reducirse, ni a la de simple transmisor de la información, ni a la de facilitador del aprendizaje (BARRIGA ARCEO & HERNÁNDEZ ROJAS, 1999). Antes bien, el docente se constituye en un mediador en el encuentro del alumno con el conocimiento. En esta mediación, el profesor orienta y guía la actividad mental constructiva de sus alumnos, a quienes proporciona ayuda pedagógica ajustada a su competencia.

3.2 El aprendizaje significativo

David Ausubel, Joseph Novak y Helen Hanesian, especialistas en sicología educativa, que tienen como precedente a Vigotski, han diseñado la teoría del aprendizaje significativo, aprendizaje a largo plazo o teoría constructivista, según la cual, para aprender es necesario relacionar los nuevos aprendizajes a partir de las ideas previas del alumnado. Desde esta perspectiva, el aprendizaje, es un proceso de contraste, de modificación de esquemas de conocimiento, de equilibrio, de conflicto y de nuevo equilibrio otra vez. Según estos autores, “el mismo proceso de adquirir información produce una modificación tanto en la información adquirida como en el aspecto específico de la estructura cognoscitiva, con la cual aquella está vinculada”. (AUSUBEL, NOVAK, & HANESIAN, Educational Psychology: A cognitive view, 1978).

Es factible decir por tanto, que el aprendizaje es construcción de conocimiento donde unas piezas encajan con las otras, en un todo coherente. En consecuencia, para que se produzca un auténtico aprendizaje, es decir un aprendizaje a largo plazo y que no sea fácilmente sometido al olvido, es necesario conectar la estrategia didáctica del docente, con las ideas previas del estudiante y presentar la información de manera coherente y no arbitraria, “construyendo” de manera sólida los conceptos, interconectando los unos con los otros, en forma de red de conocimiento.

Las características del aprendizaje significativo son: (AUSUBEL, 2002).

- Los nuevos conocimientos se incorporan en forma sustantiva en la estructura cognitiva del alumno.
- Esto se logra gracias a un esfuerzo deliberado del alumno por relacionar los nuevos conocimientos con sus conocimientos previos.
- Todo lo anterior es producto de una implicación afectiva del alumno, es decir, el alumno *quiere* aprender aquello que se le presenta porque lo considera valioso.

Ahora bien, para que se puedan lograr aprendizajes significativos es necesario que se cumplan tres condiciones:

- Significatividad lógica del material: Esto es, que el material presentado tenga una estructura interna organizada, que sea susceptible de dar lugar a la construcción de significados. (COLL, y otros, 1993). Los conceptos que el profesor presenta, siguen una secuencia lógica y ordenada. Es decir, importa no sólo el contenido, sino la forma en que éste es presentado.
- Significatividad psicológica del material. Esto se refiere a la posibilidad de que el alumno conecte el conocimiento presentado con los conocimientos previos, ya incluidos en su estructura cognitiva. Los contenidos entonces son comprensibles para el alumno. El alumno debe contener ideas inclusoras en su estructura

cognitiva, si esto no es así, el alumno guardará en memoria a corto plazo la información para contestar un examen memorista, y olvidará después, y para siempre, ese contenido.

- Actitud favorable del alumno: El que el alumno quiera aprender no basta para que se dé el aprendizaje significativo, pues también es necesario que pueda aprender (significación lógica y psicológica del material). Sin embargo, el aprendizaje no puede darse si el alumno no quiere aprender. Este es un componente de disposiciones emocionales y actitudinales, en el que el maestro sólo puede influir a través de la motivación

3.3 ¿Por qué el concepto de cambio químico?

El mundo de hoy ha construido un sin número de teorías para poder explicar los diferentes fenómenos que lo rodean; las ciencias naturales han contribuido de forma amplia a la comprensión de dichos conocimientos, la elaboración de los mismos se ha dado por siglos y lo que hoy se encierra en una definición, es el resultado de cambios en los conceptos que se han derivado de la reconstrucción permanente de las teorías. Como el conocimiento es amplio y complejo, debe ser adquirido por partes, las concepciones científicas están fundamentadas en rigurosos estudios epistemológicos, actitudinales, metodológicos, didácticos y disciplinares y desde esta perspectiva es posible plantearse diferentes formas de abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje y con ello lograr alcanzar los mínimos establecidos por los estándares y lineamientos curriculares del Ministerio de Educación Nacional.

La propuesta didáctica que se presenta para el desarrollo del concepto de cambio químico con los estudiantes de grado octavo tiene un planteamiento que permite la articulación de la epistemología, la historia, la psicología cognitiva, lo disciplinar y pedagógico, planteando la historia del concepto como un hilo conductor que permita entender el conocimiento como algo no acabado y en construcción permanente y con él, identificar el día a día para poder reconocer la importancia de este concepto en el estudio de la química.

Reconociendo los diferentes estudios didácticos desarrollados, particularmente en la química, se ha podido plantear que los estudiantes al terminar su aprendizaje de la química no han construido nuevos aprendizajes que les permita relacionar las teorías científicas con lo que ocurre a su alrededor, sino que siguen respondiendo diferentes interrogantes desde su conocimiento cotidiano, lo que indica que no hubo un aprendizaje significativo de los conceptos que se estudiaron; en muchos casos eso se deriva de la falta de conexión de los conceptos entre sí, en la falta de utilidad y el establecer el conocimiento como algo único y acabado. Por ello en lo que respecta al aprendizaje de la química, se ha podido establecer que muchas de las dificultades en el aprendizaje se derivan del mal entendimiento o entendimiento insuficiente de tres conceptos de los que se derivan a su vez otros más específicos (POZO, 1991), estos son discontinuidad, conservación de propiedades no observables de la materia y cuantificación de relaciones. Teniendo en cuenta que para el grado octavo los estudiantes ya han reconocido la discontinuidad de la materia y deben comprender el sistema de interacciones de la materia para generar cambios en la estructura, el concepto de cambio químico adquiere un valor particular, tal como lo establecen los estándares curriculares en ciencias (MEN,

2004), por lo que es indispensable abordarlo y permitir el reconocimiento de las propiedades observables y no observables de la materia, particularmente identificando la diferencia entre cambio químico y físico y a su vez reconociendo la conservación de la masa y la energía.

3.4 CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

El colegio **DIEGO MONTAÑA CUÉLLAR I.E.D.** se encuentra ubicado al suroriente de la ciudad de Bogotá, en la localidad Quinta. El área de influencia del colegio comprende los barrios Monteblanco, Serranías,Sucre,Tenerife,Virrey y Usme Central entre otros.

El estrato social de los estudiantes oscila entre 1 y 2. Los barrios aledaños al colegio cuentan con calles pavimentadas y servicios públicos. Desde las tres sedes se divisa un hermoso paisaje, afectado por la contaminación generada por el relleno sanitario Doña Juana.

Los padres y madres de familia provienen en su mayoría, de sectores rurales del país, en busca de mejores oportunidades en la capital. Sus empleos u oficios más comunes son: obreros, empleadas domésticas, vigilantes, conductores del transporte urbano, y, desde luego, la informalidad (vendedores ambulantes). Cabe anotar que algunas familias han sido desplazadas por los diferentes actores del conflicto.

Los jóvenes al terminar la jornada académica, realizan quehaceres domésticos y algunos trabajan para incrementar los ingresos del hogar. Las familias son extensas y no tradicionales (madre cabeza de familia, madrastra o padrastro). Sus ingresos son precarios y por esto no disfrutan de servicios de recreación y salud adecuadas.

La institución está organizada en tres sedes: *Serranías* que cuenta con los grados 0 a 3º y 9 cursos; *Monteblanco,* grados *4° a 11° y el programa de aceleración con dos grupos (Primeras Letras y Volver a la escuela),* esta sede cuenta con 17 grupos y la sede *Uval,* con grados del 0 al 11, y 24 grupos en cada jornada.

La dinámica institucional en cuanto al trabajo académico de los estudiantes es compleja. No se percibe interés por aprender; difícilmente realizan las actividades propuestas para el hogar, no tienen hábitos de estudio y carecen del necesario acompañamiento en casa.

Factores como la violencia intrafamiliar, abuso sexual, desnutrición, abandono, pandillismo, paramilitarismo y guerrilla ,alta tasa de desempleo, frecuente movilidad intraurbana, embarazos prematuros y drogadicción, inciden para que las y los estudiantes asuman con responsabilidad, compromiso y como proyecto de vida, la actividad académica. Según estadísticas arrojadas por la institución, a través del seguimiento realizado a exalumnos, cuatro de cada cuarenta estudiantes acceden a la educación superior (generalmente carreras técnicas) y solo uno de ellos logra graduarse y proyectarse a nivel profesional.

3.5 Unidad didáctica

EXPERIMENTANDO Y APRENDIENDO A TRAVÉS DE LA HISTORIA

GUIA GRADO OCTAVO

Al concluir esta unidad didáctica usted debe ser capaz de:

Reconocer el concepto de cambio químico, a través de un acercamiento histórico, social y cultural de su desarrollo.

Para lograrlo usted necesita cumplir estos objetivos:

- Establecer comparaciones entre las experiencias realizadas por algunos químicos del siglo XVIII y las prácticas cotidianas de la actualidad.
- Identificar los cambios químicos de las sustancias, a partir de las observaciones realizadas.
- Establecer claramente la diferencia entre cambios físicos y cambios químicos
- Analizar los fenómenos naturales, que se ponen en evidencia durante los procesos de transformación de la materia visible.

PLAN DE ACCIÓN

Tabla 3-2: Actividades propuestas para el desarrollo de la unidad didáctica

No	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE DURACIÖN (1 clase = 55 min.)
0	Aplicación Instrumento de Ideas Previas	Para poder abordar la temática es indispensable reconocer las ideas previas que tienen los estudiantes sobre cambio físico y cambio químico.	1 clase
1	Lectura de contextualización	"El fuego: todo un laboratorio". De manera individual, los estudiantes deben leer el documento propuesto, y organizar sus ideas de forma escrita.	2 clases
2	Discusión grupal	"Lluvia de ideas" y análisis de las respuestas, dirigidos por el docente.	
3	Actividad extra clase	"Vivimos rodeados de cambios". Basados en una lectura escogida por el estudiante en casa, se debe realizar una discusión para aclarar dudas sobre los conceptos presentados allí.	
4	Guía experimental	De acuerdo a la guía experimental diseñada por el docente, los estudiantes deben formar grupos de tres personas y ejecutar los procedimientos allí propuestos.	10 clases
5	Socialización	Al finalizar las prácticas, se debe realizar una reunión plenaria, a manera de seminario, para identificar las fortalezas y las debilidades del trabajo desarrollado en el laboratorio.	
6	Actividad en grupo	A partir de una guía diseñada por el docente, se abordará un análisis de la lectura "Antoine Lavoisier: ¿Padre de la química moderna o víctima de la revolución francesa?". Los estudiantes deben ubicarse en el contexto histórico y social de la época (siglo XVIII) y hacer un análisis acerca del desarrollo del concepto de cambio químico, desde este periodo hasta la actualidad.	2 clases
7	Práctica de laboratorio	Por grupos de trabajo, los estudiantes deben diseñar una práctica experimental, en la cual se pueda evidenciar el concepto de cambio químico. Al final deben realizar una socialización dirigida por el docente.	2 clases
8	Evaluación	Los estudiantes deben contestar un cuestionario de manera individual, acerca de cambios de la materia. Además deben hacer entrega del informe de laboratorio, con las pautas dadas por el docente.	2 clases

Instrumento de evaluación de ideas previas

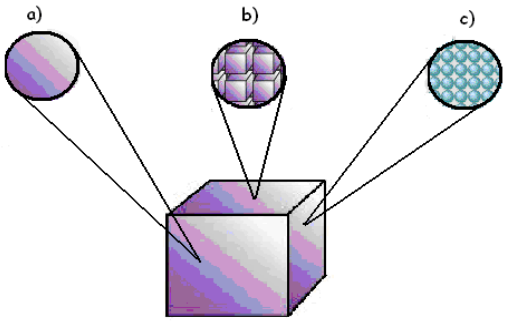
CAMBIO QUÍMICO.

Objetivos:

- Identificar las concepciones previas que poseen los estudiantes de grado octavo de la Institución Educativa Distrital Diego Montaña Cuéllar, sobre el concepto de cambio químico.
- Establecer las formas en que los estudiantes relacionan y diferencian los cambios físicos y los cambios químicos.

Nombre: _____ Curso: _____

1. Dadas las siguientes figuras, ¿cuál de estas, representa de la mejor forma un trozo muy pequeño de hierro?

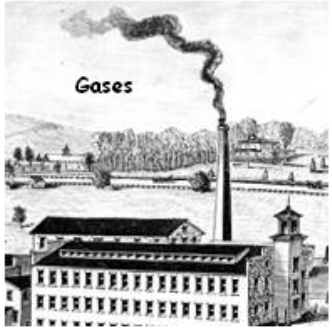


2. ¿Cuál es la unidad más pequeña que forma parte de cada uno de los cuerpos u objetos que se presentan en las siguientes ilustraciones?

a) Partículas
b) Moléculas
c) Célula animal
d) Célula vegetal
e) Atomos

a) Partículas
b) Moléculas
c) Célula animal
d) Célula vegetal
e) Atomos

a) Partículas
b) Moléculas
c) Célula animal
d) Célula vegetal
e) Atomos



a) Partículas
b) Moléculas
c) Célula animal
d) Célula vegetal
e) Atomos

3. Responder falso (F) o verdadero (V) a las siguientes afirmaciones con respecto al movimiento que presentan las partículas:

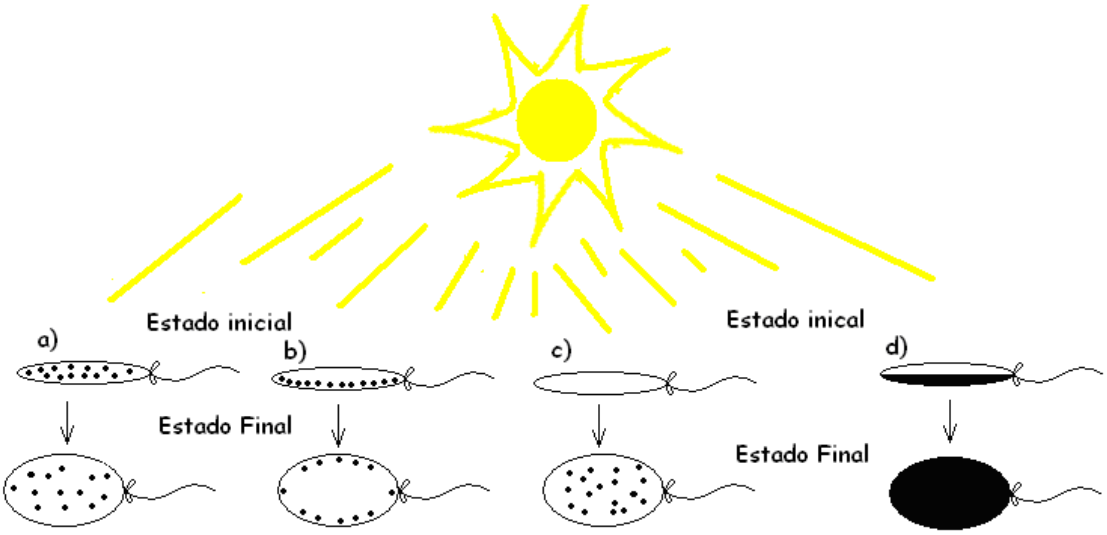
a) Solamente cuando se cambia de lugar un sólido, las partículas constituyentes de este experimentan movimiento. ( )

b) Solamente cuando un líquido se agita en un recipiente, las partículas constituyentes de este experimentan movimiento. ( )

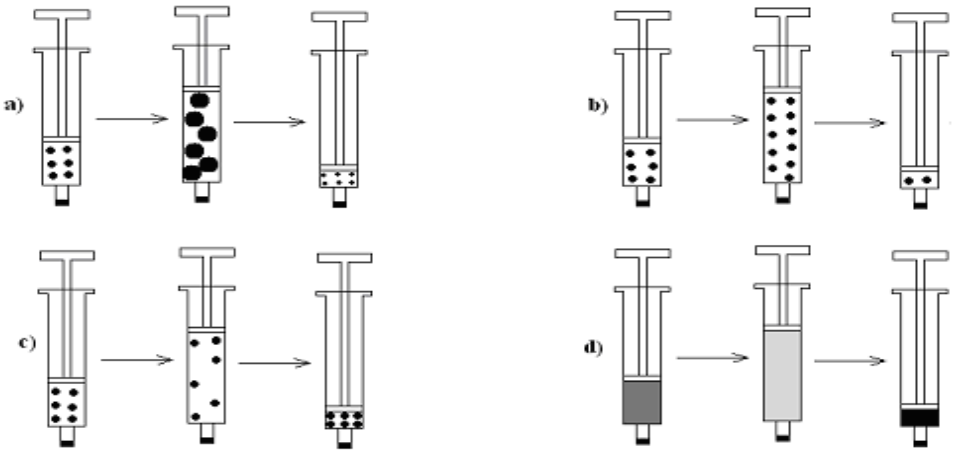
c) Solamente cuando una corriente de aire se lleva el humo, las partículas constituyentes de este experimentan movimiento. ( )

d) Siempre están en movimiento las partículas constituyentes de los sólidos, líquidos y gases. ( )

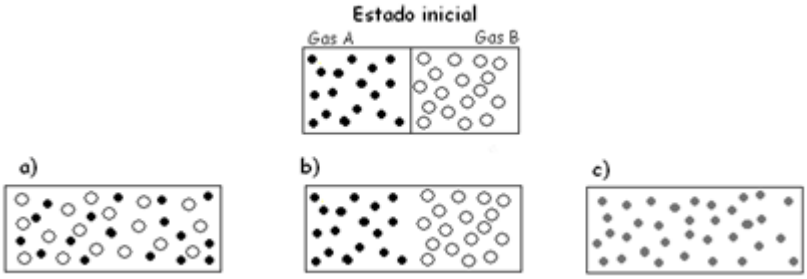
4. Si se expone al sol, un globo de látex cerrado, al cabo de un rato se ve que se infla; de acuerdo a las siguientes figuras, ¿Cuál explicaría mejor este fenómeno? Justifique su respuesta.



5. Si se tiene una muestra de aire atrapada en una jeringa, como la que se lustra en las figuras. ¿Cuál de los siguientes eventos, representa el proceso de subir y bajar el émbolo?



6. La siguiente figura muestra dos gases que reaccionan entre si, separados por un tabique impermeable. ¿Que sucedería al quitar la pared?



7. Se tienen dos trozos de madera, uno se parte en pedazos diminutos y el otro se expone a la llama hasta convertirlo en cenizas, ¿Cuál es la afirmación que explica mejor este fenómeno?

- **a.** En los dos casos se ha presentado un cambio en la composición del compuesto.
- **b.** En los dos casos se siguen conservando las propiedades tanto químicas como físicas del compuesto.
- **c.** Solo en el caso de la madera triturada se presentó cambios en las propiedades químicas y físicas.
- **d.** Solo en el caso de la madera convertida en cenizas se presentó un cambio en las propiedades químicas.

Analice detenidamente los siguientes hechos:

- **a.** La leche se fermenta.
- **b.** En ciertas ocasiones, un bosque puede arder profusamente.
- **c.** Una puntilla de hierro expuesta al aire se vuelve de color café.
- **d.** Cuando a una herida, se le pone agua oxigenada se genera gran cantidad de espuma.

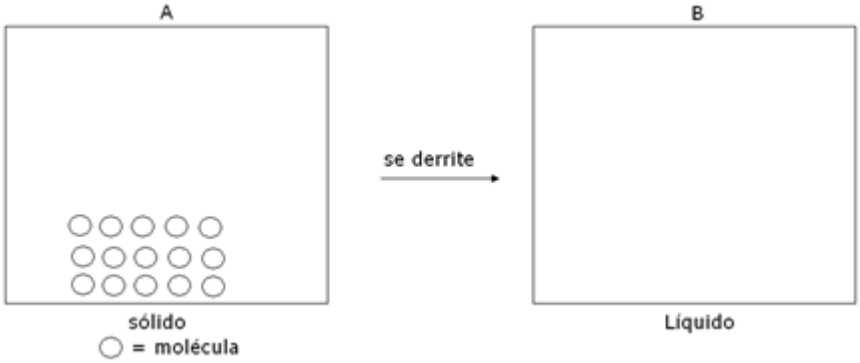
8. ¿Qué tienen en común estos fenómenos?

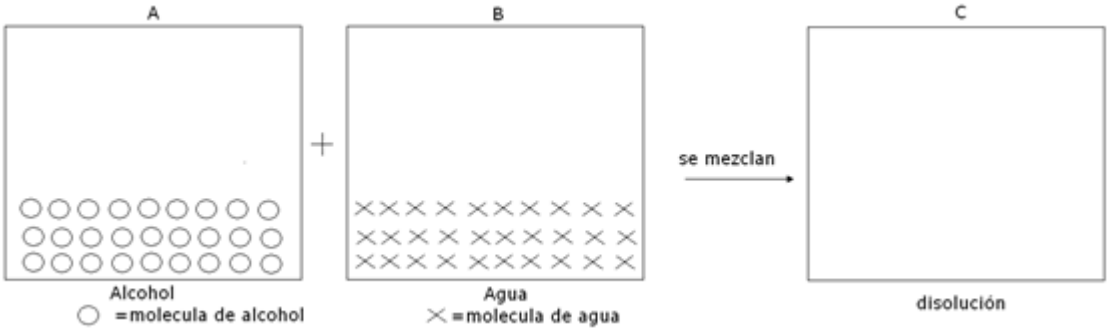
- a. Sugieren que las distintas formas de la materia no reaccionan fácilmente.
- b. Indican que la gran mayoría de las sustancias son inertes.
- c. Representan cambios físicos de la materia.
- d. Representan transformaciones químicas de la materia.

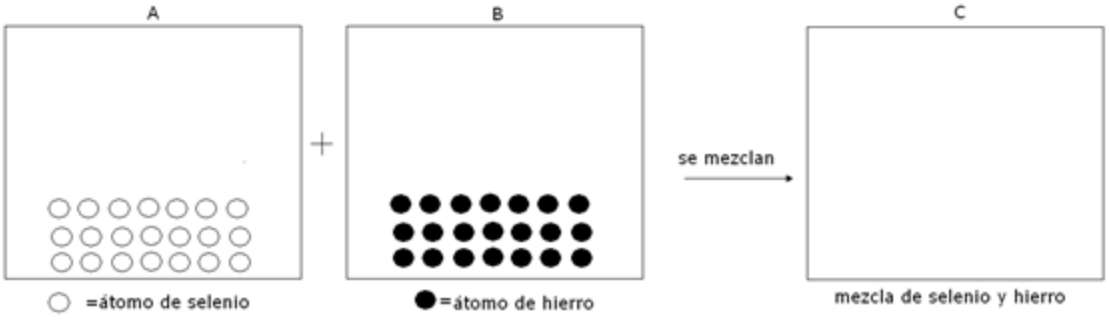
9. Dados los siguientes fenómenos, indique aquellos que presentan cambios en sus propiedades físicas y cambios en sus propiedades químicas:

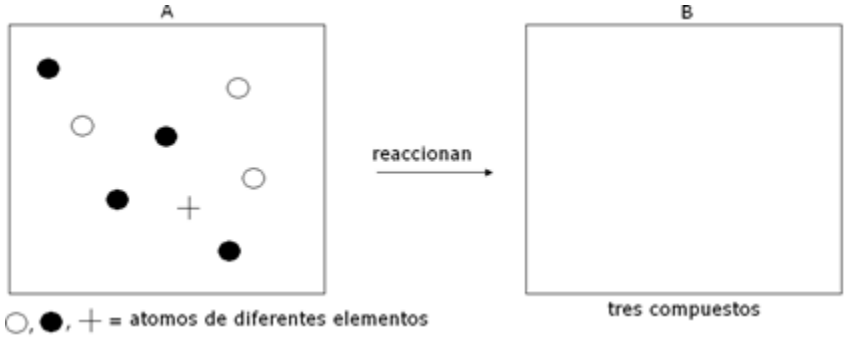
Fenómeno	Propiedades Físicas	Propiedades Químicas
Añadir azúcar al café		
Una vela encendida		
La leche que se pone agria		
Ebullición del agua		
Fermentación del vino		
Arrugar un papel		
Madera ardiendo en una chimenea		

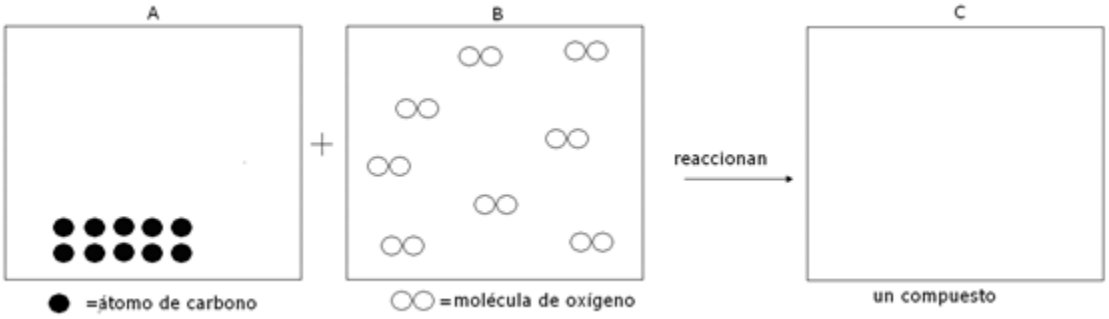
10. Rellene los cuadros que están en blanco, con los esquemas o estructuras microscópicas que crea convenientes para explicar el fenómeno ocurrido en cada caso:

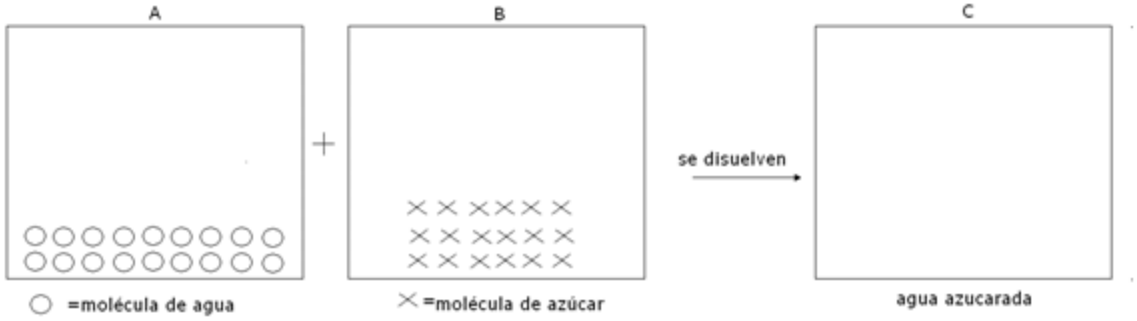


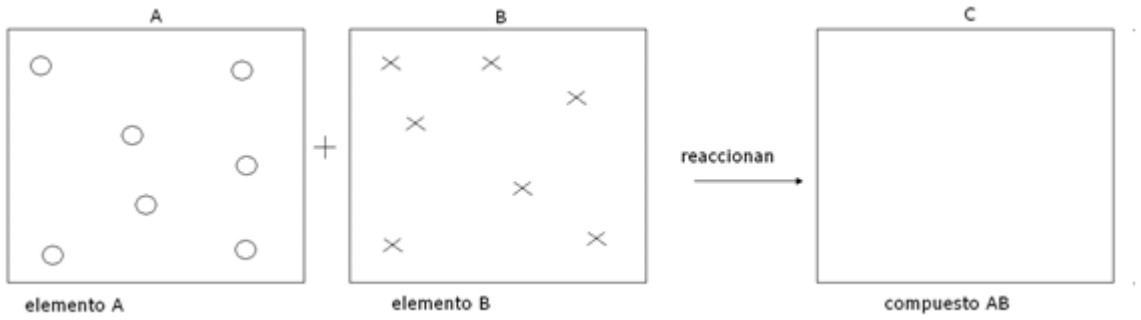



A
B
C
se mezclan
=átomo de selenio
=átomo de hierro
mezcla de selenio y hierro


A
B
reaccionan
= atomos de diferentes elementos
tres compuestos


A
B
C
reaccionan
=átomo de carbono
=molécula de oxígeno
un compuesto


A
B
C
se disuelven
=molécula de agua
=molécula de azúcar
agua azucarada



11. Lea con atención la siguiente historia y conteste después las preguntas:

Carlos, decidió una tarde ir a Monserrate para dar una vuelta y respirar un poco de aire puro, por el camino compró un paquete de cigarrillos mientras pensaba en que se transportaría para llegar, luego se le ocurrió que podría ir en teleférico, llegó a la estación y subió a una de las cabinas.(No había aviso de prohibido fumar).

Pasado un minuto el teleférico sufrió una avería y se detuvo. Carlos al ver que pasaban los minutos y que el aparato no funcionaba, encendió cigarrillo tras cigarrillo; de tal modo, que, cuando por fin el teleférico reinició su marcha, la cajetilla que había comprado estaba vacía, y la cabina llena de humo.

¿Pesa lo mismo la cabina cuando Carlos no había comenzado a fumar y la cajetilla estaba llena de cigarrillos que, cuando acabo de fumársela y la cabina estaba llena de humo? ¿Por qué?

_____
_____

¿Qué sucede con el cigarrillo?

_____
_____
_____
_____
_____

<u>LECTURA DE CONTEXTUALIZACIÓN</u>

El FUEGO: Todo un laboratorio

Tras siglos de convivencia y uso cotidiano el fuego sique siendo un gran desconocido, pues los humanos no dominamos por completo las divisas tecnológicas de la combustión o proceso químico que libera luz y calor, y sin embargo, dependemos de este casi por completo, ya que suministra más del 90% de la energía que utilizamos.

Los científicos definen el fuego como “una zona tridimensional donde se producen reacciones exotérmicas de radicales dentro de un margen invisible “; o en un forma más sencilla, es el conjunto de reacciones químicas generadas durante una combustión que libera luz y calor.

Una chispa genera una llama, y esta origina un fuego que produce calor al quemar madera, luz al arder la mecha de una vela, electricidad en centrales térmicas, movimiento con motores propulsores, aleaciones de metales y muchas utilidades más. Sin embargo, las materias primas usadas como combustibles son cada vez más escasas y, además, los dañinos residuos de esos combustibles fósiles, convertidos en gases de escape después de quemarlos, saturan la frágil atmósfera que permite la vida en nuestro planeta.

Los químicos analizan las múltiples reacciones provocadas por el fuego, gracias a los rayos láser que, sin intervenir en la combustión, permiten identificar las sustancias que operan dentro de la llama. Los físicos estudian la dinámica de las partículas cuando se calienta a distintas temperaturas. Las matemáticas trasladan los resultados a simulaciones tridimensionales en computador para facilitar el estudio detallado de las llamas y la predicción de su comportamiento bajo otras condiciones. En conclusión, todos buscan la combustión ideal, la óptima y menos contaminante.

Los antiguos filósofos consideraban que el fuego era uno de los elementos básicos constitutivos del mundo, junto al agua, la tierra y el aire. Los alquimistas medievales pensaban que la piedra filosofal les proveería oro mediante la trasformación de las sustancias por medio del fuego. Los sabios imaginaron que los combustibles tenían una misteriosa sustancia que escapaba del aire durante la combustión y la llamaron flogisto.

En 1772, el químico francés Antoine Laurent Lavoisier desvirtuó la teoría del flogisto; quemó fosforo y azufre, recogió los gases liberados al aire y comprobó que su masa era mayor que antes de la combustión. Dedujo que alguna sustancia del aire debía mezclarse con los combustibles, porque en su intervención nada desaparecía, si no que se añadía. Más tarde, a esa sustancia la denominó oxígeno; cuando este combustiona con el carbón de hulla forma dióxido de carbono, o se transforma en agua al unirse con el hidrógeno del petróleo o del gas.

La llama más simple reúne 35 sustancias y 300 reacciones; incluso en la combustión del hidrocarburo más simple, el gas metano (CH_4), participan 35 sustancias que producen más 300 reacciones distintas.

Medir con exactitud la velocidad de las reacciones, la temperatura o la presión del interior de una llama solo fue posible tras el descubrimiento del láser al concentrarse su luz en un rayo muy afilado, las múltiples moléculas con las que se encuentra van dispersando parte de la luminosidad, pues racionan parte de diferente manera según la longitud de onda con que se emita el rayo.

Incluso puede lanzarse un haz intermitente que permite obtener imágenes de cuanto ocurre en un intervalo de millonésimas de segundo y así localizar los puntos calientes causantes de una mala combustión.

Por ahora, la idea de una combustión óptima y químicamente pura por completo continúa siendo una ilusión. Por tanto, los catalizadores tendrán que seguir encargándose de retener y de transformar en inofensivas las sustancias tóxicas generadas al quemar los combustibles fósiles, que causan el smog y las lluvias ácidas. (CASTELBLANCO)

ANÁLISIS

1. Resuelva las siguientes preguntas y formule relaciones:

a. ¿Cómo participan las diferentes áreas del conocimiento en las investigaciones de la combustión ideal?
b. ¿Cómo se define la llama?
c. ¿Cómo desvirtuó Lavoisier la teoría del flogisto?
d. Explique como el descubrimiento del rayo láser permitió estudiar la llama.
e. ¿Qué transformaciones físicas y químicas se podrían esperar de una sustancia que se somete a combustión?
f. A raíz de la combustión y sus implicaciones científicas, ¿es posible utilizar este fenómeno en el aprovechamiento de sus propiedades? Mencione algunos ejemplos de su utilidad en la vida cotidiana.

2. Escriba, en su cuaderno la definición de cada uno de los siguientes términos :

a. Combustión.
b. Combustible
c. Reacción exotérmica
d. Rayo laser
e. Alquimia
f. Piedra filosofal
g. Flogisto

3. En el salón de clase, con ayuda de su profesor organice una “lluvia de ideas” y socialice el trabajo realizado a partir de la lectura.

4. Actividad extra-clase: Consulte una lectura que esté basada en la siguiente idea: “Vivimos rodeados de cambios químicos”, y discútala en clase con sus compañeros.

MOTIVACIÓN

Lea con atención el siguiente diálogo:

Pedro, Santiago y Juan observan como arde un trozo de papel.

Pedro: “esto es una reacción química entre las sustancias que componen el papel y el oxígeno del aire”.
Santiago: ¡nada de eso!. El oxígeno del aire no hace otra cosa que permitir la combustión, pero no interviene en nada. ¡Si fuera como tú dices, las cenizas pesarían más y ya ves en que poca cosa se convierte el papel!
Pedro: “pero también se desprenden gases… “
Santiago:”bien pero eso no tiene nada que ver. Los gases no pesan”.
Juan: “me parece que los dos están equivocados. Lo único que ocurre es que el calor cambia algunas de las propiedades del papel. Lo que queda sigue siendo papel, pero un poco diferente. Ya saben que el calor deshace las cosas, derrite el hielo, funde el plástico,…

EXPLORACIÓN DIAGNÓSTICA

Conteste las siguientes preguntas de manera individual en su cuaderno de apuntes, y luego socialice con sus compañeros de grupo:

a. ¿Con cuáles personajes está de acuerdo? Explique porqué

_____

_____

b. Escriba todas las ideas que crea, son adecuadas para referirse a lo que le ocurre al papel.

c. Cuando Juan dice: Ya saben que el calor deshace las cosas, derrite el hielo, funde el plástico,… ¿se refiere a un cambio químico o físico? Explique.

d. En la conversación de Pedro y Santiago, las sustancias puras y las mezclas nombradas son respectivamente:

_____

_____

e. ¿El aire es una mezcla homogénea o heterogénea? Explique.

_____

_____

METODOLOGÍA

- ✓ La práctica se realizará en el laboratorio de química, donde el estudiante efectuará el trabajo sobre la base de una guía, en grupos de tres personas.
- ✓ La práctica está diseñada para 550 minutos, distribuidos en sesiones de 110 minutos cada una, teniendo en cuenta las experiencias propuestas.
- ✓ El informe de laboratorio será entregado en la siguiente sesión.(Las especificaciones están relacionadas en la sección de evaluación)

…MANOS A LA OBRA…

Los estudiantes deben revisar con detenimiento, los aportes que a la ciencia realizaron científicos como Lavoisier, Stahl y Cavendish entre otros, a partir de experimentos de la época (siglo XVIII) y establecer comparaciones con prácticas que se desarrollan en la actualidad.

EXPERIENCIA 1

Teoría del flogisto

Según las antiguas concepciones griegas, todo lo que puede arder contiene dentro de sí el elemento fuego, que se libera bajo condiciones apropiadas. Las nociones alquímicas eran semejantes, salvo que se concebían los combustibles como algo que contenían el principio del «azufre».

El químico y físico alemán Georg Ernest Stahl (1660-1734), propuso un nombre aún más nuevo para el principio de la inflamabilidad, llamándole ***flogisto*****,** de una palabra griega que significa «hacer arder». Desarrolló después un esquema basado en el flogisto que pudiera explicar la combustión.

Stahl mantenía que los objetos combustibles eran ricos en flogisto, y los procesos de combustión suponían la pérdida del mismo en el aire. Lo que quedaba tras la combustión no tenía flogisto y, por tanto, no podía seguir ardiendo. Así, la madera tenía flogisto, pero las cenizas no.

Estos numerosos e importantes descubrimientos se reunirían en una teoría global, lo que ocurrió hacia finales del siglo XVIII. Su autor estaba en escena; era el químico francés Antonie Laurent Lavoisier (1743 – 1794).

Desde el principio de sus investigaciones químicas, Lavoisier reconoció la importancia de las mediciones precisas. Calentó metales como el estaño y el plomo en recipientes cerrados con una cantidad limitada de aire. Ambos metales desarrollaban en su superficie una capa de calcinado hasta un momento determinado en que esta no avanzaba más; los partidarios de la teoría del flogisto (principio de la inflamabilidad) dirían que el aire había absorbido del metal todo el flogisto que podía retener, pero, como era bien sabido, el calcinado pesaba más que el propio metal, y sin embargo, Lavoisier pesó todo el recipiente (metal, calcinado, aire, etc.) después del calentamiento, pesaron justamente lo mismo que antes de calentarlos.

De este resultado se deducía que si el metal había ganado peso al calcinarse parcialmente, entonces algo en el recipiente tenía que haber perdido una cantidad de peso equivalente. Ese algo, al parecer, podría ser el aire, y en ese caso debería hacer un vacío parcial en el recipiente. Efectivamente, cuando Lavoisier abrió el matraz, el aire se precipitó en el, tras lo cual comprobó que el matraz y su contenido había ganado peso.

Lavoisier demostró de esta manera que la calcinación de un metal no era el resultado de la pérdida del misterioso flogisto, sino la ganancia de algo muy material: una parte del aire.

El calcinado era más pesado que el metal a partir del cual se formaba, a consecuencia del peso de la porción de aire que se incorporaba. La madera también ardía con adición de aire a su sustancia, pero no se observaba aumento de peso porque la nueva sustancia formada (dióxido de carbono) era a su vez un gas que se desvanecía en la atmósfera. Las cenizas que quedaban eran más ligeras que la madera original. Si se quemara madera en un espacio cerrado, los gases formados en el proceso quedarían dentro del sistema, y entonces podría demostrarse que las cenizas, más los vapores formados, más lo que quedaba de aire, mantendrían el peso original de la madera más el aire. (ASIMOV, 2003)

Contrastar…

Para la práctica que van a desarrollar, es necesario tener claro que la calcinación es el proceso de calentar sustancias a elevadas temperaturas, provocando cambios en las propiedades físicas y químicas de los materiales que se involucran en este proceso. Es importante tener en cuenta cualquier cambio que presente la sustancia.

Materiales y reactivos

- Mechero
- Pinzas
- Lija
- Cobre
- Balanza
- Cinta de magnesio

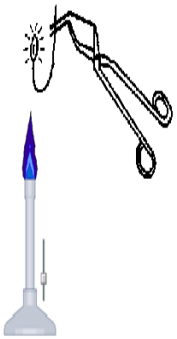
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL (parte 1)

1. Con un poco de lija frote fuertemente una parte de la superficie de la lámina de cobre. Observe y describa lo sucedido.
2. Coloque la lámina en una balanza, registre la masa.
3. Tome un pedazo de lámina con ayuda de unas pinzas para crisol, acérquelo a la llama del mechero. Cuando la lámina se calcine, retírela y observe lo sucedido.
4. Pese de nuevo la lámina después de calentar, registre la masa.
5. Elabore un listado de las propiedades de la sustancia resultante de la calcinación de la lámina de cobre.

En la siguiente tabla registre minuciosamente las observaciones

ANTES	DESPUÉS DEL CALENTAMIENTO

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL (parte 2)



1. Observe detenidamente el trozo de cinta de magnesio y escriba todas las características que le sean posibles.
2. Con un poco de lija frote fuertemente una parte de la superficie de la cinta de magnesio. Observe y describa lo sucedido.
3. Tome un pedazo de cinta de magnesio con ayuda de unas pinzas para crisol, tal como se muestra en la figura. Acérquela a

la llama del mechero. Cuando la cinta se inflame (comience a arder) retírela y observe lo sucedido, cuidando de recoger el residuo en una cápsula.

4. Elabore un listado de las propiedades de la sustancia resultante de la combustión del magnesio.

En la siguiente tabla registre minuciosamente las observaciones

ANTES	DESPUÉS DEL CALENTAMIENTO

PREGUNTAS

1. ¿Cuál es la función de lijar la cinta de magnesio y la lámina de cobre?
   _____
   _____
2. De razones del por qué cree que el contacto de la cinta de magnesio con la llama del mechero emite una luz o una chispa.
3. Explique. El aumento de la masa de cobre una vez que es calentada se debe a:
   _____
   _____
4. ¿Cambios de color y luz de los metales proporciona una explicación de cambio químico? Explique
   _____
   _____
5. Después de esta práctica, analice cuales son las consistencias e inconsistencias de la teoría del flogisto.
6. Consulte las propiedades de los elementos utilizados por Lavoisier en sus experiencias y analice por qué no se usan frecuentemente en un laboratorio para estudiantes de educación básica.
7. De acuerdo a la teoría del flogisto, se produce una reducción de peso en los materiales combustibles. Porque:
   _____
   _____
8. El cambio de peso manifestados durante la combustión y enmohecimiento (calcinación) ¿Pueden indicar un cambio químico? Explique.
9. Consulte las propiedades físicas y químicas del magnesio y cobre, sus aplicaciones en la industria y medicina.

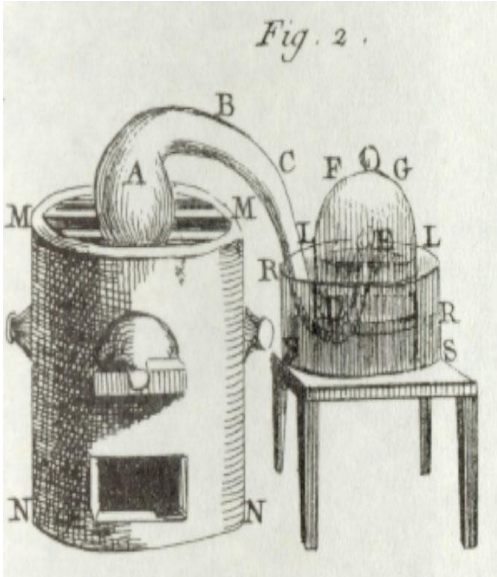
10. A pesar de que actualmente la teoría del flogisto es considerada incorrecta, dicha teoría sirvió de guía a los grandes investigadores del siglo XVIII, permitiendo desarrollar técnicas de fundición de metales, reconociendo nuevas sustancias e identificando nuevos gases (denominados en dicha época “aires”). ¿Cree que la existencia de teorías “no correctas”, implica solo aspectos negativos para el desarrollo científico? Discuta con sus compañeros por grupos de trabajo y en plenaria con el docente mediador.

EXPERIENCIA 2

EL TRIUNFO DE LA MEDIDA. Ley de la conservación de la masa

Aunque no se manifestó en contra de la doctrina del flogisto hasta 1783, Lavoisier pensaba ya en términos de “oxígeno” en sus reflexiones sobre el flogisto, allá por 1778. En 1789, en su Tratado Elemental de Química, describe un experimento que para él fue la demostración crucial de la existencia y el papel que jugaba el oxígeno. Lavoisier desarrolló su experimento de la siguiente manera:

Figura 3-2: Experimento de Lavoisier



I. Registró la temperatura ambiente y la presión atmosférica.
II. Midió el volumen del aire en el matraz y la campana de cristal.
III. Calentó mercurio en la retorta durante doce días. Después de ello dejó enfriar el aparato.
IV. Anotó y pesó la formación del óxido rojo de mercurio en la retorta.
V. Midió el descenso de volumen en la campana de cristal (aprox. 1/6).
VI. El aire que quedaba fue sometido a examen y se encontró que era azótico (actualmente llamado nitrógeno). Los animales morían rápidamente cuando respiraban este aire.

VII. Extrajo el óxido rojo de mercurio y lo calentó por separado. Recogió el gas despedido y midió su volumen.

Lavoisier descubrió que al calentar la cal de mercurio se convertía en mercurio al mismo tiempo que se desprendía un “fluido elástico” o gas. Descubrió que este gas era el mismo que el “aire desflogisticado” (después llamado oxigeno) estudiado por Priestley y que su volumen, cuando se ajustaba a la temperatura y presión correctas, era el mismo que el consumido por el mercurio al convertirse en óxido durante el calentamiento inicial. El aire que quedaba en la campana de cristal, después de retirar este nuevo gas, era

irrespirable. Lavoisier manifestó, por lo tanto, que el aire atmosférico estaba formado por dos fluidos elásticos: aire respirable y aire azótico.

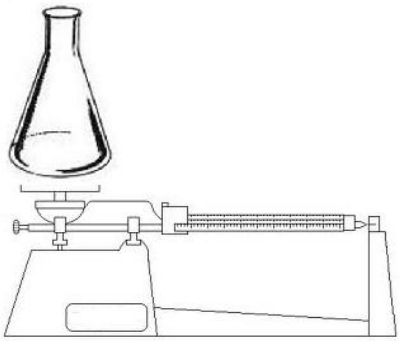
Es obvio que el razonamiento de Lavoisier dependía de manera crucial del uso de métodos cuantitativos y así, al pesar tanto los reactivos como los productos fue capaz de dar cuenta de los procesos que estaban teniendo lugar. Se ha señalado a este respecto que, como hombre de negocios, Lavoisier conocía la importancia de mantener un balance exacto de modo que aunque no fuera el primero en hacer uso de un balance químico, su perspicacia financiera le ayudó en su trabajo científico. La relación entre ambos tipos de balance no es, sin embargo, sencilla ni automática porque la primera cuestión que el químico debe resolver es ¿qué debo equilibrar? Dado a los múltiples análisis determinó que la masa parecía ser una elección más adecuada. En 1789 Lavoisier había convertido esta idea de la conservación de la masa en un principio fundamental de la química. (CARTWRIGTH)

Contrastar…

Para la práctica a desarrollar, es necesario identificar la importancia de las mediciones de manera precisa y concienzuda, esta herramienta permitirá comprobar los cambios de masa durante la transformación química entre dos sustancias y así mismo elucidar la ley de la conservación de la masa durante un cambio químico.

Materiales y reactivos

- Erlenmeyer
- Bicarbonato de sodio
- Solución de ácido clorhídrico
- Balanza
- Globo



PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Pese el erlenmeyer completamente vacío, limpio y seco, anotando el peso del conjunto.
2. Pese 0,5 gramos de bicarbonato de sodio, deposite esta cantidad en un globo, pese de nuevo.
3. En el erlenmeyer deposite 10 ml de una solución de ácido clorhídrico, anotando el peso.
4. Coloque el globo en la parte superior (boca) del erlenmeyer.
5. Vierta con cuidado el bicarbonato en el erlenmeyer que contiene la solución de ácido clorhídrico. Agite lentamente, observe y anote lo sucedido.
6. Determine la masa final del sistema y la masa de la mezcla resultante del erlenmeyer.

Nota. El sistema no debe tener ninguna fuga

Los datos del experimento se registran en la siguiente tabla:

SISTEMA	MASA (gr)
Erlenmeyer	
Globo + bicarbonato	
Erlenmeyer + ácido clorhídrico	
Erlenmeyer + ácido clorhídrico + Globo + bicarbonato	
Sistema final	
Observaciones	

PREGUNTAS

1. ¿Cuál es la razón de medir la masa de cada uno de los procedimientos?
_____
_____
2. ¿Qué puede decir sobre la masa final y la masa de Erlenmeyer + ácido clorhídrico + Globo + bicarbonato? Explique.
_____
_____
3. ¿Es posible que la masa de bicarbonato + ácido clorhídrico sea igual a la masa de la mezcla resultante del erlenmeyer + el gas en el globo? Justifique con operaciones que involucren cálculos matemáticos.
4. ¿Los estados físicos de las sustancias participantes sufren transformaciones físicas o químicas? Justifique.
_____
_____
5. Una vez terminada la construcción de las teorías y leyes científicas, estas son expuestas a pruebas experimentales en diferentes fenómenos verificando su validez; ¿Cree que la conservación de la masa posee restricciones?, es decir, ¿Debe poseer unas condiciones para que esta pueda establecerse como ley universal? Justifique.
_____
_____ ¿Cómo puede comprobar las características físicas y químicas del gas, producto de la transformación química?
6. Consulte las propiedades físicas y químicas del ácido clorhídrico y bicarbonato de sodio, sus aplicaciones en la industria y su utilidad en la vida cotidiana.
7. ¿Cómo podría demostrar que los gases producto de los cambios químicos poseen masa? Genere un procedimiento para ello.

EXPERIENCIA 3

LA COMBUSTIÓN: Lo indispensable del oxígeno

Desde los griegos, los humanos han intentado comprender el proceso de combustión. La tarea no ha sido nada sencilla y en su estudio se plantean muchas cuestiones de difíciles respuestas. ¿Por qué se queman algunas cosas y otras no? ¿Por qué los objetos húmedos no arden bien? ¿Por qué asciende las llamas? ¿De qué está hecha una llama? ¿Cuál es la relación entre el objeto y las cenizas que quedan después de la combustión? Este es el tipo de preguntas que se siguen haciendo y resultan tan complicadas de responder.

La teoría de la combustión, con algunas modificaciones que se acepta hoy en día, empezó a desarrollarse a finales del siglo XVIII y está basada, por un lado, en el rechazo a la arraigada convicción de que el fuego representa la salida de algo y por otro, en la aceptación de una teoría química moderna que se sustenta en la idea de que la combustión implica la combinación química con el oxígeno. En octubre de 1772 Lavoisier observó que, cuando se quemaba azufre y fósforo, se fijaba una gran cantidad de aire. Comenzó a pensar que quizás en la combustión algo se extraía del aire, y que esto, tal vez, era típico de toda combustión, de forma que el aumento de peso de las cales metálicas se debía a la misma causa.

EXPERIMENTE Y APRENDA

Al encender una vela de parafina se produce una cantidad de energía luminosa y calórica, dióxido de carbono y agua. Este hecho obedece a la combustión, que es la reacción del oxígeno con otras sustancias. En la combustión, la sustancia que arde es el combustible y el oxigeno es el comburente, es decir, quien activa la combustión.

Si se supone (caso más común) que la combustión se realiza con aire, la reacción química que se debe plantear es la del proceso por el cual el combustible reacciona con el oxígeno presente en el aire para formar los productos correspondientes, es decir,

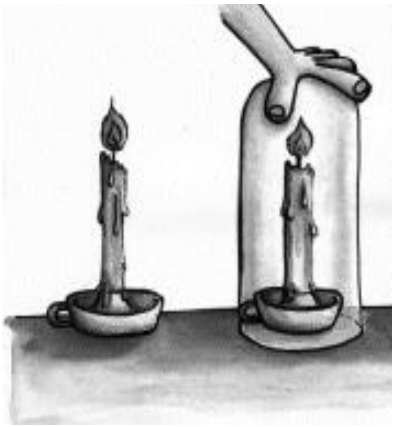
$$\text{Combustible} + \text{oxígeno} \longrightarrow \text{dióxido de carbono} + \text{agua} + \text{Energía}$$

Materiales y reactivos:

Un plato de cerámica
Dos vasos de precipitados de 500 y 1000 mL
Un reloj con segundero o un cronómetro.
Un vaso de plástico
Tapa metálica
Una vela (7 cm de largo)
Una caja de cerillos
Una hoja de papel

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL (parte 1)

Figura 3-3: Combustión de una vela



1. Observe la vela, describa su forma y aspecto. Realice una tabla según las instrucciones del profesor.
2. Encienda un cerillo y caliente el extremo de la vela que no tiene el pabilo expuesto. Deje caer cera derretida sobre una superficie plana y con ella fije la vela. Verifique que no se mueva y encienda la vela.
3. Con cuidado coloque invertido el vaso de precipitado de 1000 mL, de tal forma que la vela quede en su interior y siga encendida. Tome nota de los cambios que detecte y registre el tiempo que tarda en apagarse.
4. Repita el procedimiento con el vaso de precipitado de 500 mL. Haga las anotaciones correspondientes. Observe que ocurre en las paredes del recipiente.

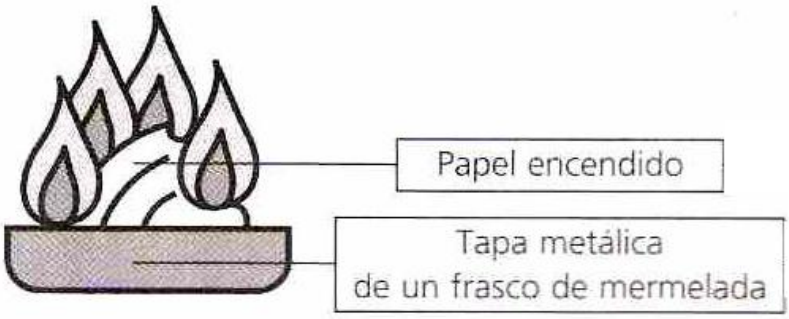
En la siguiente tabla registre minuciosamente las observaciones

Recipiente	Cambio observado	Tiempo que tarda en apagarse la vela
Vaso precipitado 1000 mL		
Vaso precipitado 500 mL		

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL (parte 2)

1. Plantee el prototipo del gráfico siguiente

Figura 3-4: Combustión del papel



2. Realice las observaciones durante la combustión de papel, entre ellas se debe mencionar las características de los productos de la combustión (color, textura y estado físico)

En la siguiente tabla registre minuciosamente las observaciones

Color	Textura	Estafo físico

PREGUNTAS

1. ¿Por qué hay diferencia en el tiempo que tarda en apagarse la vela en cada recipiente? Explique.
2. ¿Qué sustancia es la que está adherida en las paredes del recipiente?
3. Argumente las siguientes afirmaciones. “La vela se apagó por el exceso de dióxido de carbono” “las sustancias iniciales se transforman en otras totalmente diferentes” “el oxigeno se encarga de mantener la llama encendida”
4. Responda. ¿Qué ocurre con el gas de la combustión del papel al mezclarse con el aire del alrededor?

   _____

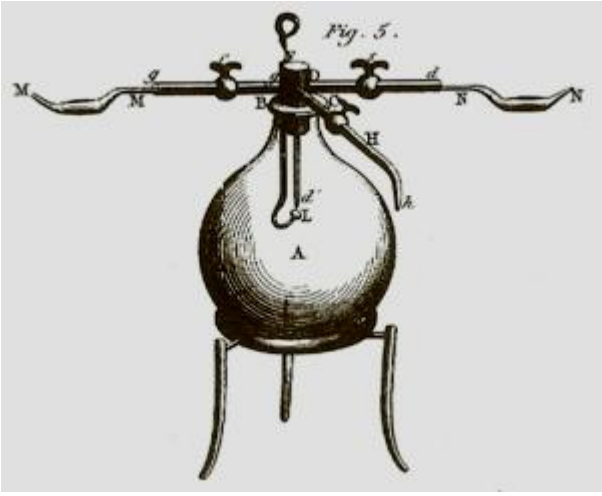
   _____
5. Consulte sobre los conceptos de: punto de inflamabilidad, temperatura de combustión, energía luminosa y energía calorífica.
6. Consulte sobre los distintos tipos de combustión. ¿Qué ocurre si una combustión es rica en oxígeno?
7. ¿Qué podemos decir sobre el punto de fusión de la parafina (vela)?
8. En la combustión de la vela, ¿cuál es el combustible y cuál es el comburente?

EXPERIENCIA 4

Síntesis y descomposición del agua

Lavoisier tuvo conocimiento del experimento de Cavendish (síntesis del agua) sobre el agua y rápidamente se interesó por este y se propuso reproducirlo. Con ayuda de Laplace, en presencia de Luis XVI, de algún ministro y de varios miembros de la Academia, realizó una demostración utilizando dos depósitos que contenían *gas inflamable* y *gas desflogisticado*.

Figura 3-5: Aparato utilizado por Lavoisier para sintetizar agua



Después de mezclar ambos gases en un recipiente hermético les aplicó una descarga eléctrica y el resultado fueron unas gotas de agua.

El hecho de que Lavoisier formara parte de una comisión encargada del estudio de los globos aerostáticos y de sus posibles aplicaciones estratégicas, le favoreció sin duda en sus investigaciones sobre el agua. Por aquel entonces, se estaba intentando mejorar un globo que utilizaba hidrógeno como combustible y se pretendía obtenerlo de una manera sencilla y rentable a nivel industrial. Junto con el joven ingeniero Jean Baptiste Meusnier realizó un experimento que consistía en hacer pasar una corriente de vapor de agua a través de hierro caliente, obteniéndose hidrógeno. La aplicación del proceso a nivel industrial pasaba por mejorar los aparatos utilizados hasta entonces en el laboratorio, las cubas hidroneumáticas no resultaban ya eficaces y por eso Meusnier diseñó un *gasómetro* para sustituirlas y experimentar en condiciones más favorables. Finalmente encargaron dos de estos aparatos al fabricante de instrumentos científicos Mègnié, que se encontraban en su laboratorio del Arsenal cuando fue confiscado.

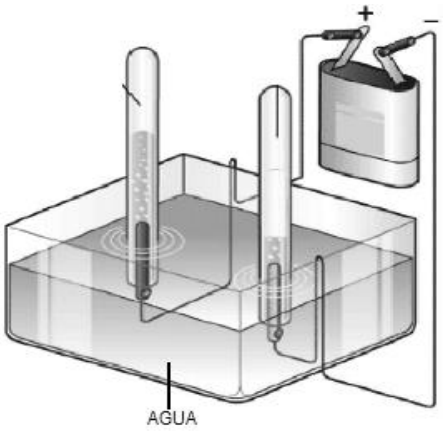
Este experimento tuvo una trascendencia muy superior a la que inicialmente se pudiera pensar, ya que no sólo permitió obtener hidrógeno, sino que también permitió la descomposición del agua, demostrando que está compuesta de oxígeno e hidrógeno. Fue la prueba concluyente de que el agua no era un elemento simple sino un compuesto. A pesar de que Cavendish fue el que obtuvo inicialmente el agua, éste nunca consideró el resultado de su experimento como una síntesis de esta sustancia, sino que basándose en la teoría del flogisto supuso que el *aire inflamable* era en realidad agua saturada de flogisto y el *aire desflogisticado* agua privada de esta sustancia. Al reaccionar, el producto resultante era agua, que para él continuaba siendo una sustancia simple

Lavoisier en cambio, inmerso en su teoría del oxígeno consideró desde el principio que el agua era un compuesto formado por hidrógeno y oxígeno, pero necesitaba encontrar la manera de probarlo sin que se presentara la más mínima duda. Por eso se pasó un año

diseñando una experiencia espectacular destinada a convencer a los científicos su país. Ésta la llevó a cabo en febrero de 1785 y la realizó en dos días.

En el primero produjo la síntesis del agua y en el segundo su descomposición. Si lo analizamos desde el punto de vista científico, estas experiencias no son del todo concluyentes, ya que el peso total del agua no coincidía con la suma de los pesos de los gases utilizados y Lavoisier redondeó bastante las cifras. Además, durante el experimento se produjeron varias fugas de gas en el aparato y algunas gotas de agua se derramaron, por lo que no pudieron ser pesadas. Pero Lavoisier hizo una estimación de la cantidad perdida y consiguió finalmente, que la comisión designada por la Academia para evaluar los resultados, certificara la validez del proceso. (MARTÍN REYES)

Figura 3-6: Montaje electrólisis



En la actualidad

Materiales y reactivos

- Una batería de 9 voltios
- Recipiente grande de vidrio (acuario)
- 150 cm de cable con pinzas
- 2 barras de grafito
- 2 tubos de ensayo grandes.
- Soporte
- Agua
- Ácido sulfúrico

NOTA: La práctica se desarrollará de manera demostrativa, por parte del docente, teniendo en cuenta que se manipulan sustancias nocivas.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Realice el siguiente montaje.
2. Los dos tubos de ensayo deben estar completamente llenos de agua sin que quede aire dentro de ellos.
3. Las barras de grafito deben estar conectadas al alambre cobre y dentro de los tubos. Tenga cuidado de que no entre burbuja de aire.
4. Coloque 5 mL de ácido sulfúrico en el agua y observe con detenimiento lo que va sucediendo al transcurrir el tiempo.
5. Compruebe las características del hidrógeno y oxígeno por medio de una astilla de madera, tenga cuidado con la cantidad de gas de hidrógeno. Anote sus observaciones

PREGUNTAS

1. ¿El fenómeno que acaba de observar, lo puede clasificar como cambio físico o químico?
   Explique:_____
   _____

2. Qué propiedades presentan las sustancias resultantes. ¿Son elementos, compuestos, mezclas? Explique.
3. ¿Qué diferencias encontró en la experiencia realizada con sus compañeros y la practicada por Lavoisier?

SOCIALIZACIÓN

Los estudiantes deben analizar en forma colectiva los resultados, discutiendo las diferencias y semejanzas obtenidas en el taller experimental. Seguidamente deben elaborar las conclusiones pertinentes teniendo en cuenta sus argumentos, orientados por el docente.

ACTIVIDAD GRUPAL

A partir de la siguiente guía, los estudiantes deben enmarcar el concepto de cambio químico, dentro de un contexto socio-histórico.

Antoine-Laurent Lavoisier: ¿Padre de la química moderna o víctima de la Revolución Francesa?

Dos revoluciones, dos caminos. Para muchos, Lavoisier es el creador de la química como la ciencia que conocemos ahora pero, ¿quién fue realmente Antoine-Laurent Lavoisier?, ¿en dónde y en qué época vivió?, ¿cómo influyeron sus relaciones personales y los acontecimientos históricos de la época en su obra científica? Escudriñar algunos detalles de la vida de Lavoisier le permitirá situar y comprender una etapa fundamental en el desarrollo de la química moderna dentro de un contexto social, político y cultural.

PARA EMPEZAR

Elabore una línea del tiempo. Instrucciones

1 Para elaborar esta línea, escribe con letra clara la información en tarjetas (del tamaño de un cuarto de hoja carta). Utilice plumones de cuatro colores diferentes para distinguir los temas. Ordene las tarjetas en orden cronológico (en periodos de 10 a 20 años y seleccione los acontecimientos más relevantes de ese periodo), mezclando los aspectos de la vida y obra de Lavoisier, con los hechos históricos sucedidos en Francia, en los países europeos y en América, y lo ocurrido en la ciencia, la tecnología y el arte.

Puede incluir fotos, dibujos o caricaturas para que luzca mucho mejor.

2. Para elaborar esta actividad, reúnase con sus compañeros y formen equipos de 6 personas, de modo que cada quien investigue una de las siguientes preguntas:

a. ¿En qué consistió la Revolución Francesa, cuáles fueron sus antecedentes, causas y consecuencias?
b. ¿Qué pasaba en otros países de Europa en la época de la Revolución Francesa, tanto en lo social como en lo económico y lo político?

c. ¿Cómo fue la vida y cuál fue la obra de Lavoisier?
Detalle su vida personal, laboral, sus descubrimientos y las dificultades con las que se enfrentó.
d. ¿Cómo fue la relación con los colegas contemporáneos? Realice una breve descripción de sus descubrimientos.
e. ¿Qué sucedía en esos años en América, en especial en México y en Estados Unidos?
f. ¿Cuáles eran los acontecimientos más importantes en la ciencia y la tecnología mundial de esos años?
g. ¿Cuáles eran los acontecimientos más importantes en el arte mundial de aquella época?

3. Coordinados por su docente, pueden organizar un concurso para ver cuál equipo hace la mejor y más completa línea del tiempo.

DISEÑO PRÁCTICA EXPERIMENTAL

Teniendo en cuenta, el trabajo desarrollado en el laboratorio y los conceptos aprendidos, los mismos grupos deben diseñar una práctica experimental en donde se pueda evidenciar el concepto de cambio químico, haciendo una socialización a nivel general al final de la clase, orientada por el docente.

EVALUACIÓN

- ✓ El informe de laboratorio debe entregarse en la siguiente sesión y para su evaluación se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:
  - Trabajo en el laboratorio: (Destreza en el trabajo experimental, descripción de resultados y análisis)
  - Responsabilidad en el trabajo de equipo
- ✓ Conteste las siguientes preguntas individualmente y luego confronte los resultados con sus compañeros:

1. De los siguientes fenómenos indique cuáles son cambios físicos y cuáles cambios químicos:

FENÓMENOS	CAMBIO FÍSICO	CAMBIO QUÍMICO
Madera quemándose en un asador		
Agua hirviendo		
Añadir azúcar al café		
Una vela encendida		
Una moneda oxidada		
La leche que se pone agria		
Jugo de uva que se convierte en vino		
Arrugar un papel		

2. Cuando una sustancia sufre un cambio físico, se puede decir que:
   a) Aparecen sustancias nuevas
   b) No aparecen sustancias nuevas
   c) Las sustancias sufren transformaciones internas
3. Un proceso por el cual una o más sustancias se transforman en otras, se denomina:
   a) Cambio químico b) Cambio físico c) Cambio de estado
4. Se calienta un trozo de hielo que se funde y después se sigue calentando hasta que se evapora toda el agua. Los cambios producidos son:
   a) El primero es físico y el segundo es químico
   b) Los dos son procesos químicos
   c) El primero es químico y el segundo es físico
   d) Los dos son procesos físicos
5. Un frasco de alcohol antiséptico lleno se deja destapado y pasada una hora se observa que el frasco está a la mitad del contenido. ¿Qué ocurre? El alcohol ¿desaparece? Si no es así, ¿dónde está? Responda y explique.

_____

_____

En un recipiente cerrado reacciona un Alka seltzer® y agua observándose la formación, entre otros productos, de un gas. Al finalizar el proceso el recipiente tiene un peso de 50 gramos. Si se realiza el mismo procedimiento en un recipiente abierto:

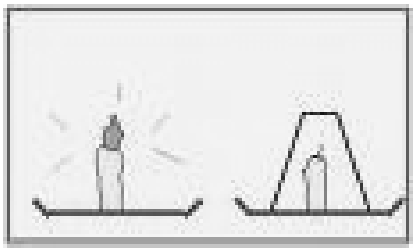
6. ¿Qué ocurrirá con la reacción?
   a) No ocurre reacción alguna
   b) No se libera ningún gas
   c) Se libera más gas
   d) Ocurre de igual manera
7. ¿Qué ocurrirá con el peso final?
   a) Disminuye al desprenderse el gas.
   b) No cambia, pues aunque se desprenda el gas no pesa.
   c) Aumenta por el aire del ambiente.
8. ¿Por qué al quemar un trozo de papel la masa de este disminuye quedando como residuo cierta cantidad de ceniza?

_____

_____

9. En el siguiente experimento, se tiene una vela encendida la cual al ser cubierta por un recipiente se apaga, esto se debe a:

a) Carencia de oxígeno en el aire para reaccionar
b) La llama es muy grande y toca el vaso
c) Carencia de aire para reaccionar
d) Exceso en la producción de agua



RECOMENDACIONES

- ✓ Dedique un tiempo específico en su casa para repasar los temas vistos.
- ✓ Trabaje en equipo con el docente y compañeros para alcanzar los objetivos propuestos.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Durante el desarrollo de la asignatura enseñanza de la química, orientada por el Profesor Jesús Sigifredo Valencia, surgieron muchas inquietudes con respecto a los temas que comúnmente nosotros los maestros de educación básica debemos trabajar y que en gran medida no son abordados con el énfasis que se debiera, generando así, vacíos que impiden la comprensión y estructuración de redes conceptuales más complejas; uno de estos conceptos que curiosamente ya no se registran en los libros modernos es el de cambio químico, a pesar de ser uno de los más importantes; pues es a partir de este, que se pueden entender y explicar fenómenos cotidianos.

Este trabajo da cuenta del concepto de cambio químico, a partir de una aproximación histórica epistemológica, sobre la combustión, fenómeno estudiado por muchos años y que en realidad nos permite entender cómo surge la noción de cambio químico. Es de resaltar, que el desconocimiento histórico por parte de docentes y educandos, hace más complejo el proceso enseñanza aprendizaje, teniendo en cuenta que los procesos químicos no son fácilmente explicables.

Ahora bien, los aspectos disciplinares referenciados, no solo apuntan a la aproximación del concepto de cambio químico, sino a todas las herramientas que tanto docentes como estudiantes pueden utilizar, para identificar si ha sucedido un cambio químico.

La realización de este trabajo me llevó a reflexionar acerca de nuestro quehacer como docentes, pues la permanente y continua actualización, es fundamental en el ejercicio académico cotidiano y determinante en el trabajo con los estudiantes, para obtener óptimos resultados.

4.2 Recomendaciones

El taller experimental fue diseñado como una propuesta, es decir no ha sido aplicado a una población determinada. Queda a juicio de la comunidad educativa implementar el taller y realizar la evaluación correspondiente, pudiendo convertirse en un trabajo formal de una futura investigación.

5. Bibliografía

ASIMOV, I. (2003). *Breve historia de la química. Introducción a las ideas y conceptos de la química.* Alianza Editorial S. A.

AUSUBEL, D. (2002). *Adquisición y Retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva.* Barcelona: Paidós Ibérica.

AUSUBEL, D., NOVAK, J. D., & HANESIAN, H. (1978). *Educational Psychology: A cognitive view* (Segunda ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.

AZCONA, R., FURIÓ, J., INTXAUSTI, S., & ALVÁREZ, A. (2004). ¿Es posible aprender los cambios químicos sin comprender que es una sustancia química? *Didáctica de las ciencias experimentales*(40), 7-17.

BARRIGA ARCEO, F., & HERNÁNDEZ ROJAS, G. (1999). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo.* México: McGraw Hill.

BERTOMEU, S. J. (2006). *La Revolución Química. Entre la historia y la memoria.* Valencia: Maité simón.

BROCK, W. (1998). *Historia de la Química.* Madrid: Alianza Editorial.

BURNS, R. (1998). Fundamentos de química. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

CALDIN, E. (2002). The structure of chemistry in relation to the philosophy of science. *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry (http://www.hyle.org), 8*(2), 103-121.

CARTWRIGTH, J. (s.f.). Del flogisto al oxigeno. Estudio de un caso práctico en la revolución científica. Fundación canaria orotava de historia de la ciencia.

CASTELBLANCO, Y. (s.f.). *Química 1* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: Grupo Norma.

CASTELLAN, G. (1987). *Físicoquímica.* México: Fondo Educativo Interamericano.

CHANG, R. (1992). *Química.* México: Mc Graw Hill.

CHANG, R. (2002). Química general. México: Mc Graw Hill.

CHANG, R. (2008). *Físicoquímica.Para las ciencias químicas y biológicas.* México: McGraw Hill.

COLL, C., MARTÍN, E., MAURI, T., MIRAS, M., ONRUBIA, J., SOLÉ, I., y otros. (1993). *El constructivismo en el aula.* Barcelona: Graó.

DEL RE, G. (2000). Models and analogies in science. *HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry (http://www.hyle.org), 6*(1), 5-15.

ESTANNY, A. (1990). *Modelo de Cambio Científico.* Barcelona: Crítica.

FEYNMAN, R., LEIGHTON, R. B., & SANDS, M. (1998). *Física* (Vol. I). México: Addison Wesley.

FEYNMAN, R., LEIGHTON, R. B., & SANDS, M. (2000). *Física* (Vol. III). México: Addison Wesley.

GARCÍA MARTÍNEZ, Á. (2004). Las actividades problémicas de aula, ACPA, como unidades didácticas que vinculan la historia de las ciencias en el trabajo de aula. *VI Congreso Latinoamericano de Historia de las Ciencias.*

GARRITZ, A. C. (1994). *Química.* New York: Addison-Wesley Iberoamericana.

GIERE, R. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo.* México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

GLASSTONE, S. (1970). *Tratado de Química Física.* Madrid España: Aguilar S.A.

LAVOISIER, A. (1798). *Tratado Elemental de Química.* (J. M. Munarriz, Trad.) Madrid: Imprenta Real.

LÓPEZ ARANGO, D. (1999). *Termodinámica.* Bogotá: Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería.

LÓPEZ ARANGO, D. (1999). *Termodinámica.* Bogotá: Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería.

MARTÍN REYES, G. (s.f.). *La Química de Lavoisier.* Obtenido de http://www.gobcan.es/educacion/3/usrn/fundoro/archivos%20adjuntos/publicaciones/actas/13_14/conferencias/guillermina_martin.pdf

MARTÍNEZ B., J. M. (1995). Aprendo a pensar. Bruño.

MEN. (Julio de 2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales.* Obtenido de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf

MORTIMER, C. (1983). Química. México: Iberoamericana.

PELLÓN, G. I. (2002). *Un Químico Ilustrado, Lavoisier.* España: Nivola, libros y ediciones.

POZO, J. I. (1991). Procesos Cognitivos En La Comprensión De La Ciencia: Las Ideas De Los Adolescentes Sobre La Química. Madrid: Centro De Publicaciones Del Ministerio De Educación Y Ciencia.

REQUENA RODRÍGUEZ, A. (2004). *Espectroscopía.* Madrid: Pearson Educación S.A.

SANMARTÍ, N. (2002). El diseño de unidades didácticas. Universidad Autónoma de Barcelona.

SCHAUM. (1995). Química general. México: Mc Graw Hill.

SERWAY, R., MOSES, C., & MOYER, C. (2005). *Modern Physics.* United States: International Students Edition.

SIENKO, M., & PLANE, D. (1973). *Química Teórica y Descritiva.* México: Editorial AGuilar.

ZUMDALH, S. (1992). *Fundamentos de Química.* México: Mc Graw Hill.