SITUACIONES EXPERIMENTALES DE COMPOSICIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DEL AGUA: UNA FORMA PARA ESTUDIAR EL ELEMENTO QUÍMICO

IVONE XIMENA CÁRDENAS ALDANA



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C., 2018

SITUACIONES EXPERIMENTALES DE COMPOSICIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DEL AGUA: UNA FORMA PARA ESTUDIAR EL ELEMENTO QUÍMICO

IVONE XIMENA CÁRDENAS ALDANA

Trabajo de Grado para optar al título de Magister en
Docencia de las Ciencias Naturales

ASESORES: OLGA MERCEDES MÉNDEZ NÚÑEZ
STEINER VALENCIA VARGAS
Profesores de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C., 2018

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Situaciones experimentales de composición y descomposición del agua: una forma para estudiar el elemento químico
Autora	Cárdenas Aldana, Ivone Ximena
Directores	Méndez Núñez, Olga Mercedes; Valencia Vargas, Steiner
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2018, 145 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	HISTORIA DE LA QUIMICA, ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, CONSTRUCCION DE EXPLICACIONES, DESCOMPOSICIÓN DEL AGUA, ELEMENTO QUÍMICO

2. Descripción
El presente trabajo de grado muestra una serie de comprensiones alrededor de la enseñanza de los elementos químicos desde la proposición de situaciones de la composición y la descomposición. Uno de los intereses centrales significar y transformar la enseñanza de los elementos donde se priorice lo experimental ; se decide utilizar como punto de partida la profundización de relaciones conceptuales y diferenciaciones de los términos elemento, sustancia y átomo; luego se recontextualiza una serie de experimentos de la composición y descomposición del agua, para promover un análisis de los elementos químicos desde un estudio de diferentes interacciones en un trabajo experimental, posteriormente se diseña, implementa una propuesta de aula centrada en el planteamiento de situaciones experimentales y en la

organización de lo experimental promover compresiones de los elementos químicos, esto brinda herramientas para poder pensar en la enseñanza de los elementos y el rol de las situaciones experimentales en el enriquecimiento de las explicaciones de los elementos químicos.

3. Fuentes

Álzate, M. (2005) Elemento, Sustancia Simple y Átomo: Tres Conceptos Problemáticos en la Enseñanza y Aprendizaje Significativo de Conceptos Químicos. Revista Educación y Pedagogía. Vol. XVII No. 43 pp. 178 – 193

Arcà, M., Guidoni, P. y Mazzoli, P. (1990) Educación científica y estilos de enseñanza. Paidós, España.

Arcà, M., Guidoni, P. y Mazzoli, P. (1990) Enseñar Ciencias. Como empezar: Reflexiones para una educación científica de base. Paidós: México

Avogadro, A. (1811). (. Journal de Physique 73, Editor) Recuperado el Agosto de 2013, de Essay on a Manner of Determining the Relative Masses of the Elementary Molecules of Bodies, and the Proportions in Which They Enter into These Compounds: http://web.lemoyne.edu/~giunta/avogadro.html

Ayala, M., (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Revista Pro- Posições, v. 17, n. 1 (49) - jan./abr. 2006. Facultad de Educación, Brasil. En http://mail.fae.unicamp.br/~proposicoes/textos/49_dossie_ayalammam.pdf.

Bachelard, G. (1976) El Materialismo Racional. Biblioteca del hombre contemporáneo. Buenos Aires: Paidós.

Bachelard, G. (1978). Conocimiento común y conocimiento científico. En el racionalismo aplicado. Buenos Aires: Paidós.

Boyle, R. (1661) The scepticalchymist: or Chymico-physical doubts & paradoxes, touching the spagyrist's principles commonly call'd hypostatical, as they are wont to be propos'd and defended by the generality of alchymists. Whereunto is praemis'd part of another discourse. London: Printed by J. Cadwell for J. Crooke, 1661. In Smith--Boyle Collection. Boyle 33. http://sceti.library.upenn.edu/sceti/printedbooksNew/index.cfm?textID=boyle_chymist&PagePosition=1

Cárdenas, I. (2017) De Los Materiales A Los Metales: Una Propuesta de Aula de la Enseñanza de las Ciencias Naturales. Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico.

Dalton, J. (1808). (Manchester, Productor) Recuperado el Julio de 2014, de A New System of ChemicalPhilosophy. http://web.lemoyne.edu/~giunta/dalton.html

Estany, Anna (1990). Aspectos Históricos de la Revolución Química. Modelos de cambio científico. Editorial Crítica: Barcelona. pp. 1-29

Faraday, M (1834) En Descomposición Eléctrico. Philosophical Transactions de la Royal Society, 124, Chem Team pp.77-122. Extraído en septiembre de 2016 de http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/classicalcs/faraday.doc
Faraday, M (1839) Las fuerzas de la materia “The forces of Matter and the chemical history of a candle”. EmecéEditores, S.A.: Buenos Aires
Faraday, M. (1855) Experimental researches in electricity, vol. I y II, Universi-ty of London, London.
Faraday, M. (1934). Experimental Researches in Electricity- seventh series. En R. S. London, *PhilosophicalTransactions.* London: Richard Taylor.
Faraday, M. (1971) Investigaciones de la electricidad Series I a V, Traducción. Editorial Universitaria de Buenos Airesvol. I y II, University of London, London.
Gay-Lussac, J. L. (1809). *Memorias del Société d'Arcueil2 , 207 (1809) [de Henry A. Boorse y Lloyd Motz, eds., El mundo del átomo , vol. 1 (Nueva York: Basic Books, 1966) (Traducción: Alambique del Club Reimpresión N º 4)]*. Recuperado el Agosto de 2013, de Memoria sobre la combinación de sustancias gaseosas entre síhttp://web.lemoyne.edu/~giunta/gaylussac.html
Giordan, A., &Vecchi, G. (1995). Marco Teórico: Dimensiones conceptuales de la idea de "Concepción Personal" Los Orígenes del Saber. Colección Investigación y Enseñanza Diada Editora S. L.: Sevilla.
Gómez & Flórez (2012) Construcción de explicaciones desde la experiencia. Maestría En Docencia De Las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional: Bogotá
Guzmán, C.; Méndez, N.; Romero, M.; Sosa, P. (2005) Estrategias para introducir el concepto sustancia y para distinguir cambio químico y cambio físico en alumnos de nivel bachillerato Escuela Nacional Preparatoria, Plantel 3, UNAM. Enseñanza de las Ciencias, Número extra. VII congreso. pp.1-5 http://docplayer.es/34710223-Estrategias-para-introducir-el-concepto-sustancia-y-para-distinguir-cambio-quimico-y-cambio-fisico-en-alumnos-de-nivel-bachillerato.html

Hacking, I. (1996). Representar e intervenir, México D.F. México, Paidós, UNAM
Hanson, R. N. (2005) Observación. En: OLIVÉ León y PÉREZ RANSANZ Ana Rosa. Filosofía de la ciencia: teoría y observación. México: Siglo XXI.
Hegel, W. F. (1968). Enciclopedia de las Ciencias Filosóficas. Instituto Cubano del libro. (1999). Investigaciones Lógicas 2. En E. Husserl. Universidad Alianza.
Lavoisier, (1789) Tratado elemental de Química. Tomos I y II. Imprenta Real: Madrid 327p.
Linares, R. (2004) Elemento, átomo y sustancia simple. Una reflexión a partir de la enseñanza de la tabla periódica en los cursos generales de química. Tesis doctoral. Universitat autónoma de Barcelona p.464http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/4709/rmlll1de2.pdf;jsessionid=4A4137625CFB5453DF025DB28F8BC1DA?sequence=1
Malagón, J. F., Sandoval, S., Ayala, M. M. (2013) La actividad experimental:

Construcción de fenomenologías Praxis Filosófica Nueva serie, No. 36, enero-junio 2013: 119 – 138 http://www.scielo.org.co/pdf/pafi/n36/n36a06.pdf

Nicholson, W. (1808) A Dictionary of Practical and Theoretical Chemistry. Richard Phillips, No. 6: Bridge-Street. 907p.

Paneth, F. A. (1962) "The Epistemological Status of the Chemical Concept of Element (I y II)", The Brithist Journal for the Philosophy of Science, vol. XIII, núm. 49, pp. 1-14; 144-160.

Proust, J. L. (1806). (Journal de Physique 63, Productor) Recuperado el Julio de 2014, de Sur les mines de cobalt, nickel et autres: http://web.lemoyne.edu/giunta/proust2.html

Pullman, B. (2010) Cap. 13... El átomo en la historia de la humanidad. Ed. Intervención cultural. Biblioteca Buridán. Translatedby, Josep Sarret Grau..

Revista Journal Science. http://www.sciencedirect.com/science/journals

Reyes, J.D. (2014) La organización de la experiencia y la elaboración de conceptos. Fase inicial de la constitución de los conceptos de átomo e ion / Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y enseñanza de las ciencias - No. 8 , 2014 / ISSN 1313-2143 / Análisis Histórico-Críticos p.p. 13-25 http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/RFC/article/view/2516/2338

Roundy, W. H., Jr, (1989) "What Is an Element?",Journal of Chemical Education, vol. 66, núm. 9, pp. 729-730.

Sandoval, S. & Ariza, E. (2016) Fenomenología de la Transformación de las Sustancias. Módulo de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional

Stahl, G (1731) Experimenta, observationes, animadversiones, chymicae et physicae. AmbrosiumHaude: Berolini. 420 p.

Valencia, S. Méndez, O. y Jiménez, G (2006) los saberes de las representación o de como imaginar la escuela. Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado, 9 (1)

4. Contenidos

Este trabajo se divide en cuatro capítulos, en el primero se contextualiza el problema, donde se amplían las razones por las que se indaga en la construcción de representaciones, entre estas se hace referencia a la búsqueda de sentidos y la construcción de objetos de estudio para la enseñanza del elemento químico, se define las preocupaciones a nivel disciplinar en relación al estudio de la descomposición y la composición. En el segundo capítulo, se estudia diferencias y vínculos entre elemento químico, sustancia simple y átomo, enfocándonos en fuentes primarias. En el tercer capítulo, se muestran los aspectos que se consideran fundamentales para construir situaciones experimentales del agua desde fuentes primarias de las fuerzas de la materia y el tratado elemental de química, esto permite una profundización de cambios

de estado, descomposición y composición del agua. En el cuarto capítulo, se muestra una secuencia de situaciones experimentales del agua que se proponen para la enseñanza de la educación básica, y por ultimo las conclusiones donde se muestran y evidencian las formas de proceder del maestro.

5. Metodología

Para abordar el problema de este trabajo se ha organizado la manera de proceder en las siguientes fases: 1) Profundización teórica desde análisis de fuentes primarias, en la recopilación y análisis de fragmentos sobre sustancia, elemento y átomo, 2) Diseño de actividades de situaciones experimentales para dar cuenta de la descomposición y composición del agua en la enseñanza de la química, 3) implementación y análisis.

La primera fase consiste en la selección de fragmentos de textos de fuentes primarias, como el segundo del "Tratado elemental de química" y las "Las fuerzas de la materia - Esta selección se realiza desde una intención a nivel disciplinar para estructurar el estudio del fenómeno de descomposición y composición del agua.

La segunda fase consiste en el diseño de una propuesta de aula, donde se proponen algunas actividades con situaciones experimentales, en la que se busca que un conjunto de estudiantes configuren una descripción detallada del fenómeno de descomposición y composición. Luego se implementa la propuesta de aula, y se realiza su análisis enfocado en las situaciones experimentales. Durante la implementación se busca promover la observación y la descripción, pero también las comprensiones producto de la organización de su experiencia.

6. Conclusiones

Para concluir este trabajo se proponen una serie de consideraciones para la enseñanza de las cuales se seleccionan una serie de apartados cortos que sintetizan algunas de las ideas, es de resaltar que las conclusiones se presentan en gran detalle implícitas en las consideraciones finales. A continuación se muestran algunas ideas seleccionadas de esa sección.

- Iniciar el estudio de la química desde trabajos centrados en lo experimental, permite dar un sentido a las afirmaciones científicas que por lo general no son cuestionadas, pero al mismo tiempo es una dinámica donde la enseñanza de la ciencia no se centra en los productos o conceptos como punto de partida, sino en promover vivencias de procesos de construcción de conocimiento que lleven a esas comprensiones desde lo experimental.

- Desde este trabajo es posible decir que las situaciones experimentales enriquecen las explicaciones del elemento químico, cuando estudiamos la descomposición de las sustancias como el agua porque: 1) Se comprende que las sustancias que se presentan en la naturaleza, aunque parecen homogéneas e inmutables pueden descomponerse y así encontrar los elementos que las constituyen- de este modo el primer paso en el estudio de los elementos químicos es cuestionar la homogeneidad de muchas sustancias que pensamos son elementos químicos. 2) Las situaciones de descomposición del agua además de enriquecer la experiencia permite la construcción de ideas para explicar el comportamiento de los elementos, donde se define: Qué elementos se obtienen, en qué proporciones, y en qué condiciones se descompone una sustancia en este caso el agua.3) Las discusiones en las situaciones experimentales de descomposición son un escenario que puede permitir la problematización y desarrollo de ideas sobre los elementos químicos, gracias a que en estas se promueve la descripción y análisis de los elementos en distintas interacciones. 4) Es de resaltar, que no hay una única manera de descomponer una sustancia en sus elementos constituyentes, es por eso que estudiar las situaciones experimentales brinda herramientas al docente y a los estudiantes para explorar y caracterizar los elementos químicos en la identificación y definición de su comportamiento. Así las situaciones experimentales aportan un mundo experiencial para hacer referencia a los elementos y sus diferentes comportamientos que en su descripción enriquecen las explicaciones que se tienen de estos.
- El trabajo experimental implica ampliar la experiencia y trascender el uso que se hace de los términos sustancia y elemento. El trabajo en química no es tan sencillo como asumir ahí están los elementos o señalarlos en la tabla periódica, es preciso experimentar en el laboratorio, en sí no están en la naturaleza, hacen parte de un mundo simbólico desde el cual se representa el comportamiento y los fenómenos observados y son el resultado de la construcción de nuevos lenguajes que no son naturales sino que más bien están en un campo representacional muy particular que se inscribe en la química como disciplina. Como tal es necesario crear las condiciones para pensar los elementos de modo que sea posible caracterizar cómo se comportan y qué nos explican sobre el comportamiento de la naturaleza de los cuerpos. Por esto es imprescindible proponer experiencias compartidas, orientadas al trabajo de aula, que sirvan como referentes desde los que sea posible hablar y construir los sentidos que toman los experimentos de forma conjunta y dialogante.
- Lo experimental implica la descripción de situaciones y efectos, en este caso de la composición y descomposición del agua, pero también la intervención misma en el

experimento con el diseño de aparatos, o mediante la incursión de nuevos elementos que modifican ligeramente las condiciones de observación, esto amplia los efectos y fomenta el ingenio y la curiosidad en la escuela; se trata de la descripción y la intervención en el experimento, es decir de experimentar.

- En la descripciones que emergen de los estudiantes el docente debe estar atento para proponer nuevas experiencias, poner en discusión estas ideas y sacar de ellas un provecho pedagógico, esto promueve una práctica para pensar lo ya organizado del objeto de estudio, con el ánimo de reestructurar las ideas de una forma consistente, es decir que permita hablar de lo experimental sin entrar en contradicciones con esta actividad.

Elaborado por:	Cárdenas Aldana, Ivone Ximena
Revisado por:	Méndez Núñez, Olga Mercedes; Valencia Vargas, Steiner

Fecha de elaboración del Resumen:	01	08	2018

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 17

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA 17

INTERESES Y PREOCUPACIONES SOBRE LA ENSEÑANZA DE ELEMENTO QUÍMICO Y SUSTANCIA 19

ENSEÑANZA DEL ELEMENTO QUÍMICO, ÁTOMO, Y SUSTANCIA SIMPLE. IDEAS A PARTIR DE LA EXPERIENCIA 21

LA HISTORIA COMO RECURSO PARA LA COMPRENSIÓN Y CREACIÓN DE APORTES EN LA ENSEÑANZA DEL ELEMENTO QUÍMICO 23

EL CASO DEL EXPERIMENTO UN RECURSO PARA LA ENSEÑANZA DEL ELEMENTO 24

OBJETIVO GENERAL 27

OBJETIVOS ESPECIFICOS 27

PROCEDER METODOLÓGICO 28

CAPÍTULO II. SOBRE EL ELEMENTO QUÍMICO EN RELACIÓN A ÁTOMO, Y SUSTANCIA SIMPLE 31

SOBRE EL ELEMENTO QUÍMICO EN BOYLE (1661) 32

UNA EXPLICACIÓN A LA COMPOSICIÓN DE LOS CUERPOS: LA AFINIDAD EN STAHL 35

SOBRE EL ELEMENTO, Y LAS SUSTANCIAS EN LAVOISIER (1789): 36

SOBRE LOS ELEMENTOS, LAS SUSTANCIAS Y LOS ÁTOMOS EN DALTON 40

SOBRE LA ORGANIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS - MENDELÉIEV 44

SOBRE EL ATOMO, ELEMENTO QUIMICO, SUSTANCIA SIMPLE DESDE PANETH 45

CAPÍTULO III. ANALISIS EXPERIMENTAL DEL AGUA DESDE LA COMPOSICION Y LA DESCOMPOSICION: UNA FORMA DE CARACTERIZAR LOS ELEMENTOS QUIMICOS. 50

EXPERIMENTOS DE LAVOISIER SOBRE LA DESCOMPOSICION Y COMPOSICION DEL AGUA - PRIMERA PARTE 51

PRIMER EXPERIMENTO: DESTILACIÓN DE AGUA. 53

SEGUNDO EXPERIMENTO: REACCION DEL AGUA Y EL CARBONO A ALTAS TEMPERATURAS 57

TERCER EXPERIMENTO. REACCION DEL AGUA Y EL HIERRO A ALTAS TEMPERATURAS 64

CUARTO EXPERIMENTO. RECOMPOSICIÓN DEL AGUA. 70

EXPERIMENTOS DE FARADAY SOBRE LA DESCOMPOSICIÓN Y COMPOSICIÓN DEL AGUA POR ELECTRICIDAD - SEGUNDA PARTE 74

QUINTO EXPERIMENTO. DESCOMPOSICIÓN DEL AGUA POR MEDIO DE ELECTRÓLISIS. 75

SEXTO EXPERIMENTO. SOBRE LA DESCOMPOSICION Y RECOMPOSICIÓN DEL AGUA. 78

CAPITULO IV: ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE LA INTERVENCIÓN DE AULA - EXPERIMENTEMOS CON EL AGUA 83

SENTIDOS QUE ORIENTAN LA PROPUESTA 84

ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA 87

FASES DE LA PROPUESTA 89

ANÁLISIS DE LA PROPUESTA 91

LECTURA SOBRE EL ORIGEN DEL AGUA 93

EXPERIMENTO 1: DESTILACIÓN 96

EXPERIMENTO 2: TRASFORMACIÓN DEL AGUA POR ACCIÓN DEL CALOR 101

EXPERIMENTO 3: ELECTROLISIS 110

EXPERIMENTO 4: CONTANDO BURBUJAS 116

EXPERIMENTO 5: COMPOSICIÓN DEL AGUA 124

ACTIVIDAD FINAL: REFLEXIONES SOBRE LA DESCOMPOSICIÓN Y COMPOSICIÓN DEL AGUA 131

CRITERIOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA DESCOMPOSICIÓN Y LA COMPOSICIÓN 134

CONSIDERACIONES FINALES 139

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 153

ANEXO 1. LINEA DEL TIEMPO 157

ANEXO 2. EXPERIMENTEMOS CON EL AGUA 158

LISTA DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1. Fases del proceder metodológico 29
Gráfico 2. Sobre el elemento químico en Boyle (1661) 32
Gráfico 3. Cuerpos simples 33
Gráfico 4. Sobre el elemento químico en Lavoisier 36
Gráfico 5. Sobre las sustancias simples para Mendeléiev 44
Gráfico 6. Sobre la organización de los elementos químicos 46
Gráfico 7. Sobre las combinaciones macro 47
Gráfico 8. Sobre el elemento químico para Paneth 48
Gráfico 9. Sobre la relación entre sustancia simple, átomo y elemento químico 48
Gráfico 10. Experimentos de Lavoisier y Faraday 51
Gráfico 11. Montaje Experimentos 1, 2 y 3. 52
Gráfico 12. Masa inicial y final de la transformación del agua por acción del C y el calor 61
Gráfico 13. Relación de masa y volumen de CO_2 y H_2 62
Gráfico 14. Masa inicial y final de la transformación del agua por acción del C y el calor 63
Gráfico 15. Masa inicial y final de la transformación del agua por acción del Fe y el calor 65
Gráfico 16. Condición inicial y final de la transformación del agua por acción del Fe y el calor 66
Gráfico 17. Relación de masa en la transformación del agua por acción del Fe y el calor 68
Gráfico 18. Masa y volumen de hidrógeno en los experimentos con hierro y carbón 70
Gráfico 19. Lavoisier y el montaje de composición del agua 71
Gráfico 20. Partes del montaje experimental de composición del agua..... 72
Gráfico 21. Montaje proporciones de volumen de la electrólisis 75
Gráfico 22. Partes de hidrógeno y oxígeno en el agua 77
Gráfico 23. Montaje para la recomposición del agua 78
Gráfico 24. Experimentos sobre la composición y descomposición del agua en Lavoisier y Faraday. 83
Gráfico 25. Experimentos de Lavoisier, Faraday y propuestos sobre la composición y descomposición del agua 88

Gráfico 26. Experimentos propuestos sobre la composición y descomposición del agua 91

Gráfico 27. Interacción entendida como la afectación de un cuerpo sobre otro, un solo cuerpo cambia, pero no se trasforma. 103

Gráfico 28. Interacción entendida como mezcla, ambos cuerpos se unen. 103

Gráfico 29. Interacción entendida como una relación de sustancias y la representa con una formulación. 104

Gráfico 30. Montaje de composición del agua consta de un Voltámetro de Hoffman125

Gráfico 31. Dibujo del experimento de recomposición del agua con sus partes 129

Gráfico 32. Dibujo del experimento de recomposición del agua con los volúmenes de hidrógeno y oxígeno 130

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Sustancias simples. ... 37
Tabla 2. Contribuciones de Lavoisier ... 39
Tabla 3. Contribuciones de Dalton ... 41
Tabla 4. Montaje para destilar y materiales empleados según Lavoisier ... 53
Tabla 5. Montaje propuesto para destilar ... 54
Tabla 6. Cambios en el agua durante la destilación ... 55
Tabla 7. Montajes para transformar el agua de Lavoisier y el propuesto ... 59
Tabla 8. Densidad de CO_2 y H_2 ... 63
Tabla 9. Condiciones al inicio de la transformación del agua por acción del Fe y el calor ... 67
Tabla 10. Condiciones al final de la transformación del agua por acción del Fe y el calor ... 67
Tabla 11. Densidad del hidrógeno en los experimentos con hierro y carbón ... 70
Tabla 12. Variaciones del montaje de electrólisis ... 76
Tabla 13. Masa y volumen de hidrógeno, oxígeno y agua ... 77
Tabla 14. Montajes de Faraday y propuesto sobre recomposición del agua ... 80
Tabla 15. Fases de la propuesta experimentemos con el agua. ... 89
Tabla 16. Sistematización sobre la lectura del origen del agua ... 93
Tabla 17. Sistematización de los momentos del experimento de destilación. ... 96
Tabla 18. Sistematización de los momentos del experimento de transformación del agua por acción del calor y el carbón. ... 102
Tabla 19. Intencionalidades de las preguntas propuestas para la descomposición del agua por acción del calor y el carbón. ... 105
Tabla 20. Sistematización de las preguntas que orientan el experimento de la electrólisis ... 111
Tabla 21. Sistematización de los momentos del experimento contando burbujas de la electrólisis ... 116
Tabla 22. Sistematización de las preguntas orientadoras del experimento contando burbujas de la electrólisis ... 118
Tabla 23. Sistematización de los momentos del experimento de recomposición del agua ... 125
Tabla 24. Sistematización de las preguntas orientadoras del experimento de recomposición del agua ... 127

NOTA DE ACEPTACIÓN:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

SANDRA XIMENA IBAÑEZ CORDOBA
Evaluadora

_____

YAIR ALEXANDER PORRAS CONTRERAS
Evaluador

_____

OLGA MERCEDES MENDEZ NUÑEZ
Directora

_____

STEINER VALENCIA VARGAS
Director

Bogotá D.C., 27 de agosto de 2018

DEDICATORIA

A mis padres Luis Eduardo y María Emiliana

A Edisson Yesid

Los cuales considero

parte fundamental de mi vida

que con su amor están ahí

en mi corazón y en mi vida

En memoria de mi hermanito José Luis

que desde el cielo siendo un angelito

siempre está en cada etapa de mi vida

AGRADECIMIENTOS

A veces me siento a pensar que efímero fue el momento en el cual disfrute del aprendizaje que me brinda el programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, como dialogábamos y compartimos con mis maestros Steiner Valencia y Olga Méndez, quienes considero un ejemplo a seguir.

Hoy solo me queda por agradecerle a Dios y a la vida misma por gozar de este privilegio de que hoy estén en mi camino, de permitirme llegar hasta este punto y de que lo que va llegar.

A mis padres Luis Eduardo y María Emiliana por siempre estar apoyándome que me hayan brindado el mejor legado que le pueden dar a una hija el estudio y la formación académica, mil y mil gracias, porque desde Manta me han sabido guiar.

A mis directores los maestros Steiner Valencia y Olga Méndez por su apoyo incondicional y aportes cruciales que nos llevaron a un interesante objeto de estudio

A mis evaluadoras los profesores Sandra Ximena y Yair Alexander por sus comentarios acertados, espero que disfruten esta tesis a nivel de su profesión como maestros de química y en sus aulas.

A los estudiantes del Colegio Cacicazgo I.E.R.D. por compartir tantas vivencias y brindar sus descripciones sobre las situaciones experimentales objeto de estudio

A Edisson consejero infalible, que acompaño en esos momentos, muchas gracias por escucharme y apoyarme. Gracias le doy a la vida por nuestro amor, porque seremos los mejores maestros de ciencias naturales… ¡ya somos Magister!

A toda mi familia por su apoyo en Bogotá y desde Manta, Cundinamarca.

A mis profesores, amigos y compañeros por el apoyo y motivación en el transcurso de esta *Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales*

“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría; en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos”, con el fin de dar cumplimiento al Acuerdo 031 de Consejo Superior del 2007, artículo 42, parágrafo 2.

INTRODUCCIÓN

El químico entra al laboratorio donde halla un presente absoluto, el presente absoluto de los datos técnicos, datos que se ofrecen en su conjunto, en su totalidad, bien distinto por consiguiente, de los datos naturales encontrados en el ocasionalismo esencial del empirismo (Bachelard, 1976: 125)

En la enseñanza de la química las situaciones experimentales son aspectos sobre los que se despliegan diversas prácticas de aula, el presente trabajo de maestría en profundización surge de los cuestionamientos por la labor docente y la posibilidad de dinamizar los experimentos dentro de las clases de química. Está inscrito dentro de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales cuyo interés es precisamente resignificar y transformar el quehacer en el aula.

Las intenciones del trabajo llevan a asumir el maestro visto como un sujeto con intereses, preguntas, propósitos, entre otros elementos, centrados en el campo disciplinar pero también en las dinámicas de su enseñanza. El estudiante por su parte, es un sujeto activo, capaz de preguntarse, elaborar descripciones y generar explicaciones, en torno a los fenómenos de descomposición y composición del agua desde una profundización teórica y experimental, así como el diseño e implementación de una propuesta de aula.

Este trabajo se divide en cuatro capítulos, en el primero se contextualiza el problema, donde se amplían las razones por las que se indaga en la construcción de representaciones, entre estas se hace referencia a la búsqueda de sentidos y la construcción de objetos de estudio para la enseñanza del elemento químico, se define la forma de asumir el fenómeno y las preocupaciones a nivel disciplinar en relación al estudio de la descomposición y la composición. En el segundo capítulo, se estudia diferencias y vínculos entre elemento químico, sustancia simple y átomo, enfocándonos en fuentes primarias. En el tercer capítulo, se muestran los aspectos que se consideran fundamentales para construir situaciones experimentales del agua desde fuentes

primarias de las fuerzas de la materia y el tratado elemental de química permite una profundización de cambios de estado, descomposición y composición del agua. En el cuarto capítulo, se muestra una secuencia de situaciones experimentales del agua que se proponen para la enseñanza de la educación básica, y por ultimo las conclusiones donde se muestran y evidencian las formas de proceder del maestro.

Teniendo en cuenta que la indagación y reconstrucción teórica es alterna a la propuesta de aula, el último capítulo presenta una serie de consideraciones finales, producto del análisis de las diferencias y vínculos entre elemento químico, sustancia simple y átomo, la situaciones experimentales del agua, el proceder del maestro, el alcance de los objetivos y la posible solución a la afirmación objeto de estudio: **El abordaje de situaciones experimentales sobre la composición y descomposición del agua enriquece las explicaciones sobre el Elemento Químico.**

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se presentan algunas reflexiones sobre la enseñanza del elemento químico y la transformación química en los niveles básicos. Se construye esta problemática mostrando en primer lugar, la no diferenciación que se establece entre los conceptos elemento químico, sustancia simple y átomo; luego se muestra los recursos que se consideran necesarios para comprender y aportar a su enseñanza desde la lectura y análisis de textos de fuentes primarias.

INTERESES Y PREOCUPACIONES SOBRE LA ENSEÑANZA DE ELEMENTO QUÍMICO Y SUSTANCIA

Desde la vida cotidiana y escolar se han construido comprensiones de las sustancias y elementos químicos, como agregan algunos investigadores (Kind, 2004; Krnel, 1998, 2003 y 2005; como se cita en Guzmán et al, 2005) *A pesar de su importancia, el concepto sustancia se utiliza indistintamente en la vida cotidiana y escolar como sinónimo de los términos materia, producto, materiales, objetos, etc*. En la enseñanza según *(Ahtee, 1998, Azcona, 2004, Driver, 1999; Furió, 2000; Johnson, 1996, 2000 & 2002; Mammino, 2001-2002; Sánchez Blanco, 2003, Solomonidou, 2000; Sosa, 1999 & 2004*; como se cita en Guzmán et al, 2005) estudiar las sustancias requiere un trabajo investigativo desde la escuela que aporte comprensiones y transcienda el uso que se hace de estas en el contexto cotidiano.

La revisión de un trabajo de tipo diagnóstico que se hace con estudiantes de bachillerato, investigadores de la UNAM encuentran cuatro concepciones alternativas de sustancia:

> *i) La propiedad más importante de una sustancia es la que se deriva de su uso, ii) las sustancias se encuentran cotidianamente contenidas en cajas, latas, botellas, etc.; iii) el uso de sustancias es prohibido o peligroso; iv) en una transformación de la materia algunas propiedades de la sustancia (como color, olor, sabor) pueden cambiar pero la sustancia se mantiene igual, etc. (Guzmán et al, 2005:2)*

Como se puede apreciar las sustancias se relacionan con sus usos, con lo peligrosas que son, y en relación con sus propiedades. Frente al último aspecto que resulta relevante algunos investigadores destacan que:

> *Los estudiantes que inician química tienen dificultades para adquirir el concepto de sustancia pura y su capacidad de conceptualización llegará, en todo caso a la noción de material (madera, aire, etc.) como toda aquella clase de materia caracterizada por algún rasgo relacionado con su utilidad o con algún fenómeno especialmente relevante para los alumnos, tal vez como una especie de agente portador de una propiedad: especie de sustancia que muchas veces representa la sustancialización de una propiedad (Sanmarti, 1990).*

La sustancialización de una propiedad, se presenta en el imaginario de las personas cuando caracterizan una sustancia y la asocian únicamente con una propiedad que le da un carácter inmutable y homogéneo a la sustancia, por ejemplo cuando se habla del agua siempre se dice que es líquida, esta propiedad de la liquidez ya es de por si otorgada al agua, como si esta no cambiase, la propiedad en sí es atribuida a la sustancia. Si se pregunta sobre las características de un material se habla de las propiedades pero no se suele diferenciar que estas cambian según la temperatura, el estado o unas variables como la presión, y el volumen. Las propiedades de las sustancias son relacionales, por lo que no es posible hacer una caracterización de ellas como si fueran algo intrínseco a las sustancias; más que reducirse a solo una propiedad se debe entender el comportamiento y la naturaleza de las sustancias como una sumatoria de sus comportamientos que de por si es dinámica y está en una condición inmaterial es decir, el aluminio es más conductor del calor que la madera pero menos que el oro, siempre se ven sus propiedades no como inmanentes a la sustancia en si sino a su interacción con otras.

Así como en la vida cotidiana y escolar encontramos puntos de vista sobre las sustancias, también es posible encontrar puntos de vista sobre los elementos. Así por ejemplo es común que los estudiantes no tengan clara la diferencia entre elemento y compuesto. Entre agua, hierro, vinagre o cloro no hay una diferenciación, pues su uso cotidiano no permite establecer criterios para decidir sobre su comportamiento y su estatuto químico (compuesto, elemento o mezcla). En el caso del agua la homogeneidad que presenta esta sustancia tiene de fondo una concepción donde no

se diferencia si es un compuesto o un elemento a simple vista, sino que es necesario recurrir al análisis químico.

Desde una enseñanza tradicional los maestros suelen explicar los elementos químicos con la tabla periódica, incluso estableciendo sinonimias con la idea de átomo; donde se explica cómo se enlazan, cómo se estructuran las moléculas, etc., esto ha permitido problematizar la conceptualización de los maestros de química en un espacio de no diferenciación de estos conceptos, problemática que se amplía en el siguiente apartado.

ENSEÑANZA DEL ELEMENTO QUÍMICO, ÁTOMO, Y SUSTANCIA SIMPLE. IDEAS A PARTIR DE LA EXPERIENCIA

En la enseñanza de la química es muy común referirse a los objetos de estudio a partir de varios conceptos muy relacionados entre sí. Átomo, elemento y sustancia son términos cuyo uso escolar pareciera estar ligado a un lenguaje químico sin que medie siquiera la posibilidad de su diferenciación y caracterización a profundidad. Como afirma Álzate (2005)

> *Los conceptos elemento químico, átomo y sustancia simple son considerados centrales en la química.* Sin embargo*, son planteados y utilizados en su enseñanza y en varios de los textos de química básica, de un modo superficial y simplista; se obvian sus significados, las diferencias y afinidades entre ellos, el sistema conceptual en el cual se construyen y cómo se relacionan con el mundo de lo real. (p.179)*

El mayor problema de la enseñanza de estos conceptos que se considera en este trabajo es precisamente lo que se acaba de señalar, tomar de modo superficial y simplista cada uno de los conceptos sin precisar cómo se relacionan con lo real ni diferenciarlos, esto quiere decir que en la escuela muchas veces se enseñan los conceptos como representaciones alejadas de experiencias o situaciones que permiten construirlos. Por lo tanto, desde este trabajo la propuesta que se plantea es que para conceptualizar se deben proponer situaciones o experiencias, donde los estudiantes construyan relaciones y afirmaciones de los elementos y las sustancias teniendo referentes compartidos y reales.

No es igual partir de un estudio de los elementos mirando la tabla periódica y haciendo cálculos, que vivenciar el comportamiento de las sustancias y de los elementos desde una serie de experiencias orientadas y propuestas para el trabajo de aula, en síntesis se propone tener experiencias para construir referentes reales de los que se puede hablar de elemento y sustancia.

En el trabajo de aula, es necesario orientar experiencias para hablar desde lo que se sabe, por ejemplo, cuando se realizan observaciones de un fenómeno para el estudio de los elementos, se suele asumir algunas concepciones erradas en la enseñanza como la siguiente:

> *El elemento está disponible a la percepción inmediata, sin requerimiento teórico para su comprensión; otros grupos lo identifican con "átomo"; otros, en menor número, lo identifican con el símbolo presentado en un formato de la tabla periódica* (Álzate, 2005:179)

Estas ideas se relacionan muy bien con la forma en que se realizan las prácticas de laboratorio en la escuela, hay algunas creencias desde las cuales se considera que con solo ver una sustancia o elemento es suficiente para caracterizarlos, pero no es así, se deben construir los significados y sentidos a la noción de elemento que cuando se estudian fenómenos y experimentos con sustancias.

Las dificultades en torno al aprendizaje del concepto de elemento químico o sustancia simple, se derivan de la ausencia de experiencias orientadas a la problematización y diferenciación de estos conceptos. El trabajo en química con los elementos no es tan sencillo; no basta con señalarlos en la tabla periódica, es preciso experimentar en el laboratorio, en sí no están en la naturaleza, hacen parte de un mundo representacional y simbólico desde el cual se explica el comportamiento material, como tal es necesario crear las condiciones para pensarlos de modo que sea posible caracterizar cómo se comportan y qué nos explican sobre los fenómenos químicos.

Los conceptos y su enseñanza no se pueden desligar de un trabajo experimental, pero tampoco de un referente histórico donde el maestro identifique desde qué mirada está avalando su conceptualización de elemento químico o sustancia. Si parte desde nociones atomistas de la materia o no atomistas. Una revisión histórica de los

conceptos, reflexión y análisis de ello permite clarificar como maestro qué aspectos están a la base de una conceptualización, pero también permite hacer una lectura de las afirmaciones que pueden hacer los estudiantes de los elementos y las sustancias desde la composición y la descomposición con un lente teórico fundamentado en la revisión de textos de fuentes primarias de autores que abordaron esta problemática.

LA HISTORIA COMO RECURSO PARA LA COMPRENSIÓN Y CREACIÓN DE APORTES EN LA ENSEÑANZA DEL ELEMENTO QUÍMICO

Los elementos y las sustancias, han sido a lo largo de la vida de sumo interés para todos, por ejemplo cuando una persona se pregunta ¿De qué están hechas las cosas?, se hace referencia a la constitución de la materia, esta pregunta ha sido respondida desde diferentes lugares. A partir de una revisión de la historia de la química se encuentra que para hablar de la constitución de la materia, se hacía alusión al término de átomo, Demócrito por ejemplo hablaba que todo estaba constituido por partículas diminutas e indivisibles llamadas átomos al igual que Dalton en el siglo XIX, ellos y otros pensadores que seguían esta línea de ideas se denominaron atomistas, promulgando teorías que hablan de la materia constituida por átomos.

Así como se hablaba de átomos, a lo largo del tiempo otros investigadores de la materia introducen términos como elemento químico o sustancia para describir la constitución de la materia. Si se hace una pausa y se analizan la historia de las ciencias en textos originales o fuentes primarias como los llaman algunos, este análisis como afirma una investigadora

> *No se trata de encontrar el significado de un texto, término o interpretación de fenómeno, ni hacer seguimientos de evolución de conceptos, se trata de establecer un dialogo con los autores a través de los escritos analizados, con miras a construir una estructuración particular de la clase de fenómenos abordados y una nueva mirada que permita ver viejos problemas con nuevos ojos (Ayala, 2006: 29)*

La lectura y el análisis que propone Ayala (2006), sobre los textos de fuentes primarias, no se reduce a una revisión de lo que dice uno u otro pensador de algún concepto, lo que propone es analizar los textos o fragmentos que se seleccionan relacionándolos,

estableciendo diferencias aportes, o los problemas que plantean los autores con nuevos ojos, es decir mirando lo que dicen desde el momento histórico en que nos encontramos con el conocimiento que el maestro tiene.

La historia como recurso para la enseñanza del elemento químico, es necesario como primer elemento reconocer que los conceptos de elemento y sustancia química son conceptos históricos y por ende, es necesario escudriñar en las formas como se fueron acuñando diferentes acepciones de ellos que tienen un contexto particular, como segundo elemento, implica que desde los análisis que se hacen de la historia se seleccionen los textos a leer, luego, de cada texto se selecciona los fragmentos de interés, es este caso que hablen de elemento y sustancia, pero no solo para decir o repetir lo que ellos dijeron lo que busca acá es de algunos fragmentos de cada científico en primer lugar se deriven criterios a nivel experimental y preguntas, que permitan pensar el elemento químico y las sustancia, y definir cómo puede esto aportar a la enseñanza de estos conceptos. Este es un acercamiento a nivel que enfatiza en lo conceptual en un análisis histórico.

El otro acercamiento que se decide hacer en el trabajo es profundizar en aquellos científicos que a nivel experimental mostraron que el estudio de los elementos químicos y las sustancias es enriquecido con preguntas y experimentos para poder como maestra investigadora estructurar una forma particular de ver el estudio de los elementos en el trabajo de laboratorio. Resulta interesante entonces experimentar y reflexionar desde la proposición de situaciones innovadoras para la enseñanza del elemento y las sustancias.

EL CASO DEL EXPERIMENTO UN RECURSO PARA LA ENSEÑANZA DEL ELEMENTO

En la enseñanza de la química han surgido una serie de dificultades para qué los estudiantes adquieran conocimientos sobre esta ciencia, algunas de ellas se enfocan en el papel del experimento y la forma de realizarlos en clase, es decir, qué enfoque se le da, para qué se hace, cómo se hace, en sí el papel del experimento se suele reducir a un rol comprobatorio, donde primero se estudia la teoría y luego se realizan las

prácticas de laboratorio. Las dificultades de esta forma de concebir el experimento están por un lado en cómo se concibe la ciencia, y el conocimiento. Porque si bien, la ciencia ya ha sido un constructo histórico, no podemos reducirla a sus productos. En vez de realizar experimentos comprobatorios acá se considera que es mejor pensar en un proceso donde los estudiantes a partir no solo de un experimento comprueben toda una serie de experimentos ordenados con la intención de mostrar algunos efectos, amplíen la experiencia y a partir de allí comiencen a construir o pensar en afirmaciones sobre el objeto de estudio.

> *La actividad experimental es poco relevante cuando se la reduce a la verificación de relaciones conceptuales construidas en el campo de la ciencia, especialmente si se tiene en cuenta su contribución a las búsquedas y posibilidades de comprensión de los estudiantes. (Malagón et al, 2013:124)*

Para la enseñanza de las ciencias, se considera debe partir primero de una bagaje experiencial que permita hacer consensos sobre lo que se habla dentro del aula, esto es tener experiencias compartidas donde se reconoce las ideas que elaboran los estudiantes, lo que observan, lo que dicen sin ponerlo en contraposición de lo que dicen las teorías, sino que se hace construyendo entramados de ideas que se validan entre el grupo con el que se trabaja, con una validez consensuada que no se aleje del todo de los conceptos de los que se parte.

Tener un bagaje experiencial requiere que los sujetos experimenten y discutan sobre los objetos de estudio, no obstante las experiencias que resultan del experimento han de tener perspectivas que orienten la enseñanza desde esta herramienta que indudablemente aporta comprensiones sobre lo que se enseña. En este trabajo se asume entonces una mirada del experimento donde se busca ampliar la experiencia, se muestran una serie de efectos, pensando siempre en que cada experimento aporte al siguiente una serie elementos para fomentar las estructuración de nuevas ideas, y la creación de relaciones entre lo que se observa.

> *Efectivamente en este rol del experimento, una palabra no explica los hechos que se observan, por ejemplo frases que se escuchan en el aula como es por la electricidad que ocurrió x evento, es por la presión. Sino lo que se acepta son ideas donde se especifique como varían las magnitudes y sus efectos, pero también estas ideas pueden ir impregnadas de otras ideas que complementan lo*

> *que puede dar lugar a una explicación en ciencias. No se trata de memorizar una serie de teorías y afirmaciones que se ponen en juego al observar o realizar un experimento, sino de poner en juego lo que se observa y se discute desde marcos comunes que parten de las experiencias de los sujetos. (Ayala et al, 2010)*

Por lo anterior, con el experimento no se comprueba la veracidad de un concepto como tal, sino que se brindan herramientas para que esos conceptos tengan un sentido que parte de una serie de experiencias con una intención clara, donde los materiales que se llevan al aula para concebir los experimentos y cada parte de ellos en su ensamble forman un todo del que se establecen relaciones de dependencia, se describe, se construye ideas que han de tener coherencia a lo largo de cada experimento, pero también se ha de considerar que no todas las ideas son igual de relevantes, unas describen mayor número de eventos que otras, y otras por el contrario son superfluas, el objetivo será entonces proponer preguntas que encaminen a la formulación de ideas que aporten a la descripción de los fenómenos observados a propósito del estudio de la composición y descomposición del agua.

A propósito de los anteriores aspectos descritos en la contextualización del problema se enmarca como centro de trabajo la siguiente afirmación:

> **El abordaje de situaciones experimentales sobre la composición y descomposición del agua enriquece el saber del maestro y aporta a los estudiantes en la construcción de explicaciones sobre el Elemento Químico**

Para el desarrollo del trabajo se plantean los siguientes objetivos

OBJETIVO GENERAL

Determinar los aspectos teóricos y experimentales desde la composición y descomposición del agua que contribuyen al estudio del Elemento Químico

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Documentar los planteamientos experimentales sobre la composición y descomposición que brinda Antoine Lavoisier y Michael Faraday.
- Destacar el papel de la actividad experimental y la historia de las ciencias en la comprensión del elemento químico a propósito del estudio de la composición y descomposición del agua.
- Diseñar, implementar e interpretar los resultados obtenidos en una intervención de aula que ponga en juego los desarrollos conceptuales alcanzados.

PROCEDER METODOLÓGICO

El presente trabajo de grado es construido en el marco del programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional, la cual a partir de diferentes espacios de reflexión acerca de la composición y descomposición del agua, la actividad experimental, la idea de elemento químico y el sentido de la enseñanza de las ciencias naturales y la química.

Las formas de proceder se basan en una perspectiva cualitativa interpretativa donde es central el rol de la reflexión docente sobre un objeto de estudio en el que se plasmen perspectivas y motivaciones de los sujetos, en la reflexión y construcción de significados desde las mismas prácticas de aula, las formas de proceder, el abordaje de preguntas y las intencionalidades de las acciones que hacen parte del proceso de enseñanza de las ciencias. Es por esto que el presente trabajo de grado es el producto de un proceder metodológico basado en la reflexión no solo en el campo de lo pedagógico; sino también de lo disciplinar que hacen posible la problematización de objetos de estudio en la química.

Es por ello, que pensar en el estudio de los elementos químicos y las sustancias pasa por una reflexión y discusión constante que toma elementos de lo histórico para fortalecer las relaciones conceptuales como docente y así derivar criterios para su enseñanza.

Para abordar el problema de este trabajo se ha organizado la manera de proceder en las siguientes fases: 1) Profundización teórica desde análisis de fuentes primarias, en la recopilación y análisis de fragmentos sobre sustancia, elemento y átomo, 2) Diseño de actividades de situaciones experimentales para dar cuenta de la descomposición y composición del agua en la enseñanza de la química, 3) implementación y análisis. La conexión entre estas fases se muestra en el siguiente gráfico 1

Gráfico 1. Fases del proceder metodológico



Fuente: Propia

Primera Fase: Esta fase consiste en la selección de fragmentos de textos de fuentes primarias, de Robert Boyle del 1661, Antoine Lavoisier del 1789, Michael Faraday del 1803, Dmitri Mendeleiev del 1869, John Dalton del 1803, Avogadro del 1811 Friderich Paneth del 1962, Joseph Thomson del 1912 Jöns Berzelius del 1835, y otros que se detallan en el anexo 1, estos pensadores y estudiosos del elemento químico, átomo y sustancia simple. Del primero se toman fragmentos de su texto “El Químico Escéptico” el segundo del “Tratado elemental de química” y del tercero “Las fuerzas de la materia, Experimental Researches series XVI y XXVIII” y “Faraday's Diary vol. VI”. Esta selección se realiza desde una intención a nivel disciplinar para estructurar el estudio del fenómeno de descomposición y composición del agua, desde la caracterización, las comprensiones al respecto dan lugar a la realización del capítulo 2 donde se propone una diferenciación de conceptos primordiales para la enseñanza de la química. En este capítulo se distinguen algunas formas de hablar tales como elemento químico, sustancia simple y átomo, y se delimitan en el capítulo 3 algunos elementos de descomposición por calor y electricidad, y composición del agua. A nivel pedagógico, las comprensiones alcanzadas en el capítulo 2 y capitulo 3 referido a la construcción de explicaciones, sirven como un recurso para la organización de una serie de actividades

y situaciones experimentales para trabajar con los estudiantes; esto se concreta en el diseño de una propuesta de aula.

Segunda Fase: Esta fase consiste en el diseño de una propuesta de aula, donde se proponen algunas actividades con situaciones experimentales, en la que se busca que un conjunto de estudiantes configuren una descripción detallada del fenómeno de descomposición y composición. En el diseño de las actividades se proponen la fase 1, cambios de estado del agua, la fase 2, descomposición por calor y electricidad del agua y la fase 3, composición del agua. Cada una de estas fases busca ampliar la experiencia y proponer un escenario donde se configuran formas de observar, formas de dar cuenta de la descomposición y composición, pero también experimentar las condiciones del montaje y detalles que se requieren observar del fenómeno y representarlo en momentos con una serie de situaciones experimentales del agua y que pueden construir los estudiantes a lo largo de cada fase.

Tercera Fase: En esta última fase se implementa la propuesta de aula, y se realiza su análisis enfocado en las situaciones experimentales. En la implementación de la intervención de aula para ampliar la experiencia, pero también para brindar elementos en la construcción de formas de referirse al fenómeno y representarlo que se derivan de la configuración de imágenes en las que se evidencian variables como el volumen, la temperatura, y la cantidad de burbujas por parte de los estudiantes. Durante la implementación se busca promover la observación y la descripción, pero también las comprensiones producto de la organización de su experiencia.

Luego de la implementación se realiza un análisis de los datos recolectados. Estos se organizan en un proceso en el que se exploran los supuestos que elaboran los estudiantes, se sistematizan las preguntas, apreciaciones y se identifican los aspectos qué prioriza el estudiante al describir, y cómo lo describe haciendo énfasis en los momentos y preguntas orientadoras que construyen. Luego de esta recopilación de datos que se asocian con la experiencia. Se realiza un segundo análisis donde se ponen en juego gran parte de los desarrollos conceptuales alcanzados en el capítulo 2 y 3, así se definen unas agrupaciones de análisis, como son los cambios de estado, la descomposición y la composición.

CAPÍTULO II. SOBRE EL ELEMENTO QUÍMICO EN RELACIÓN A ÁTOMO, Y SUSTANCIA SIMPLE

El análisis histórico de fuentes primarias se realiza para comprender las interrelaciones que se han dado entre el concepto de átomo, elemento químico y sustancia simple. Cada uno de los científicos que se abordan ha contribuido con su trabajo y cosmovisión a la forma de estudiar el Elemento Químico a nivel de los experimentos que proponen y la forma de pensar. Caracterizar las interrelaciones entre estos conceptos, se considera que permite derivar elementos para la enseñanza y para el diseño de propuestas de aula.

Uno de los lentes desde lo que se seleccionan los fragmentos a analizar es que en primer lugar hablen de al menos uno de los conceptos de interés, pero que también se destaquen los diferentes métodos de análisis químico de los que se derivan criterios para elaborar propuestas donde estos conceptos giren en torno a un objeto de estudio o fenómeno.

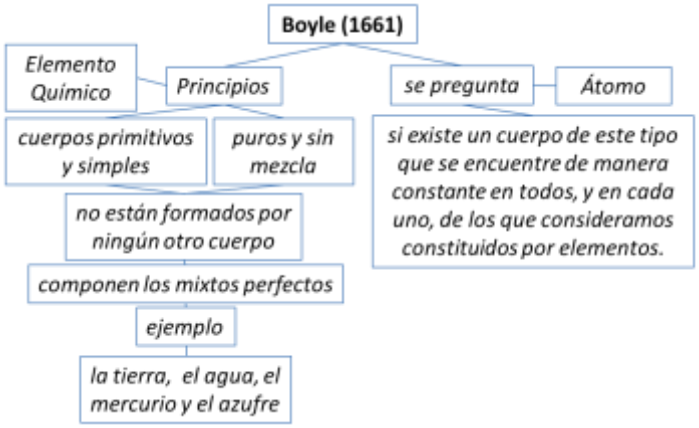
A partir de lo anterior, se muestra a continuación una serie de fragmentos sobre elemento, sustancia y átomos, de diferentes pensadores como Dalton, Lavoisier, y Boyle. Estas personas han abordado el estudio de la materia asumiendo desde un trabajo experimental, y a partir de ello han realizado apreciaciones sobre elemento, sustancia o átomo de las cuales se busca retomar algunos aspectos para abordar el estudio de los elementos y las sustancias en la escuela. Se trata de una exploración donde se selecciona y se derivan estrategias pertinentes para el estudio de estos conceptos y su enseñanza.

SOBRE EL ELEMENTO QUÍMICO EN BOYLE (1661)

> *"[…][1] para prevenir confusiones, debo advertirles que ahora llamo elementos, como lo que los químicos expresan llanamente como principios, a ciertos cuerpos primitivos y simples perfectamente puros y sin mezcla; que no están formados por ningún otro cuerpo, ni unos por otro, que son los ingredientes a partir de los cuales se componen todos los que llamamos mixtos perfectos, y en los que finalmente estos se pueden descomponer: y lo que me pregunto ahora es si existe un cuerpo de este tipo que se encuentre de manera constante en todos, y en cada uno, de los que consideramos constituidos por elementos. (p.350)"*

De acuerdo con las afirmaciones de Boyle (1661) se aprecia que brinda algunas características propias de "elemento" que lo identifican: por ejemplo para Boyle los elementos son cuerpos simples que no están formados por otros cuerpos, y por lo tanto no son mezclas, son parte fundamental de los cuerpos mixtos, y aunque ambos cuerpos: sustancia y elemento, adquieren una relación de composición, no propone una diferenciación de sus propiedades para caracterizarlos. En el gráfico 2 se muestra las relaciones centrales que establece Boyle en sus fragmentos

Gráfico 2. Sobre el elemento químico en Boyle (1661)



Fuente: Propia a partir de Boyle (1661)

Sobre este punto de los mixtos perfectos argumenta:

[1] "*And to prevent mistakes, I must advertize You, that I now mean by Elements, as those Chymists that speak plainest do by their Principles, certain Primitive and Simple, or perfectly unmingled bodies, which not being made of any other bodies, or of one another, are the Ingredients of which all those call'd perfectly mixt Bodies are immediately compounded and into which they are ultimately resolved: now whether there be any one such body to be constantly met with in all, and each, of those that are said to be Elemented bodies, is the thing I now question.*" (Boyle, p.350)

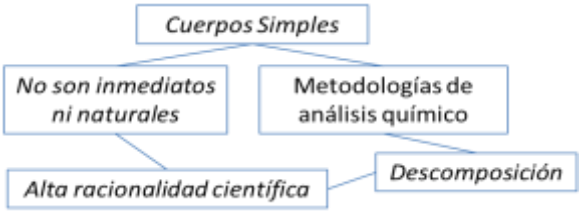
> "[2]*No voy a ser tan absurdo de negar que hay tales cuerpos, como la tierra, el agua, el mercurio y el azufre: pero considero a la tierra y el agua como partes componentes del Universo, o mejor del Globo terrestre, y no como parte de todos los cuerpos mixtos. Y si bien no voy a negar imperiosamente que, a veces, puede obtenerse mercurio o una sustancia combustible de un mineral, o aún de un metal, no necesito conceder que cualquiera de ellos sea un elemento en el sentido más arriba declarado* (como constituyente de *todos* los cuerpos mixtos). (p.350-351)"

El problema para Boyle al menos en forma de inquietud es tener criterios para definir si hay un cuerpo constante en todos los cuerpos mixtos. En este sentido, no niega que existen los elementos como cuerpos fundamentales que componen los cuerpos mixtos y en algunos de los análisis que se han realizado de su concepto de elemento, como sinónimo de cuerpo simple se encuentra que:

> *1) Los cuerpos simples no son inmediatos ni naturales; 2) es necesario lograrlos mediante determinadas metodologías diseñadas por los químicos, y 3) los cuerpos simples no están en la naturaleza, salvo ciertas circunstancias. Los cuerpos simples son el resultado de grandes esfuerzos investigativos de descomposición y separación integrados en una racionalidad científica. (Álzate, 2005)*

Las apreciaciones de Álzate sobre el concepto de elemento o cuerpo simple en Boyle, se pueden analizar de dos maneras, una sobre las aplicaciones de estas afirmaciones en la enseñanza, y otra sobre la concepción que se le atribuye a los elementos desde Boyle, esta segunda se evidencia en el siguiente gráfico

Gráfico 3. Cuerpos simples



Fuente: Propia a partir de Álzate (2005)

[2] "*By this State of the controverfie you will, I luppole, Guefs, that I need not be foablur'd as to deay that there are fuch bodies as Earth, and Water, and Quickfilver, and Sulphur: Bur I look upon Earth and Water, as component parts of the Univerfe, or rather of the Terreftrial Globe, not of all mixt bodies. And though I will not peremptorily deay that there may fometimes either of them to be an Element in the fence above declar'd; as I fhall have occafion to fhew you by and by.*" (Boyle, p.350-351)

En cuanto a la primera referente a las implicaciones, se destaca que abordar un estudio de los elementos en la escuela requiere por un lado, que el docente proponga situaciones para que los estudiantes realicen prácticas de descomposición de sustancias, orientados por una racionalidad científica. Esto quiere decir que debe haber unas intenciones y una forma de razonar sobre lo que se observa al descomponer las sustancias. En este sentido, las sustancias simples o elementos no son objetos dados de modo natural a la percepción para ser abordados en blanco: son hechos científicos y, como tales, deben prepararse con base en el conocimiento químico acerca de las sustancias y de las numerosas metodologías para lograrlas en contexto. De esta manera, el estatus de lo natural inmediato pasa a un segundo plano; hay que experimentar.

Cuando se realizan experimentos en el aula, para explicar salen a relucir concepciones que se tienen del objeto de estudio. Para Boyle por su forma de asumir el elemento o cuerpo simple, parece ser que en la constitución de los cuerpos mixtos, las propiedades de los cuerpos simples no cambian, es como si el cuerpo mixto fuese un agregado de cuerpos simples que no pierden su identidad, pero que sale a relucir mediante la descomposición.

La discusión que deja abierta Boyle, invita a pensar si los elementos constituyentes de las sustancias deben tener propiedades diferentes a las sustancias que los constituyen o no. Según Estany (1990) el pensamiento analítico del siglo XVIII permite asociar propiedades absolutas entre el elemento terroso y los cuerpos mixtos “agregados”[3] lo cual es un aspecto negativo de esta mirada química:

> *El elemento terroso se subdivide en; otras tres especies distintas con características propias, que comunican a los cuerpos mixtos o compuestos sus propiedades absolutas. Por tanto, todos los cuerpos están formados a partir de los tres elementos con principios distintos, llegando a los sentidos a través de los agregados. (Estany, 1990:p.4)*

En la actualidad, el estudio de las propiedades de las sustancias, o de los elementos,

[3] Minerales que presentan incrustaciones de metales

indica que son diferentes en los compuestos y elementos. Mediante la experimentación esto puede ser demostrado. Un punto central cuando se estudian las propiedades de los cuerpos es determinar qué criterios o principios permiten saber que en la composición de una sustancia, se forme o no un determinado compuesto. Estos principios son definidos bajo el concepto de afinidad.

UNA EXPLICACIÓN A LA COMPOSICIÓN DE LOS CUERPOS: LA AFINIDAD EN STAHL

La teoría de la composición de Stahl para el momento habla de la idea de afinidad química como una atracción entre los cuerpos y reconocer su naturaleza, de acuerdo con Estany (1990)

> *En esta teoría de Stahl, es fundamental la llamada «regla de afinidades», que afirma que tanto entre los cuerpos mixtos como entre los agregados hay una atracción entre los cuerpos que se asemejan. No cabe duda de que la regla de las afinidades tiene un gran poder explicativo, pero ha de ser verificada a través de la experimentación y no siempre aparece clara en todas las reacciones.*
>
> *Metzger (1930) señala que: La regla de las afinidades sea el resorte más profundo de la doctrina química de la escuela stahliana es algo que creemos está fuera de toda duda, ya que el conocimiento de las afinidades permitía, a la vez, adivinar la composición de los cuerpos, prever sus reacciones mutuas, e incluso clasificarlas conforme a su naturaleza (p.147). (Estany, 1990: p.5)*

La idea o concepto de afinidad, indica o explica la composición de las sustancias como una atracción en las que unos elementos se unen con otros según su grado de atracción. Aunque se verifica la experimentación de la descomposición se realiza el análisis de los productos, donde se hace identificaciones de los elementos por sus propiedades**.** Cuando se realizan estudios se encuentran regularidades entre sustancias que se combinan siempre en las mismas condiciones, fue posible hacer tablas de afinidades, y a su vez se podía saber o adivinar la composición de los cuerpos, es por eso que la afinidad es un concepto con un alto poder explicativo, partiendo claro está de la organización de la experiencia de los sujetos.

Cuando se empiezan a estudiar los elementos, los compuestos y las afinidades surge en la identificación de las sustancias la pregunta de si el oxígeno es un elemento

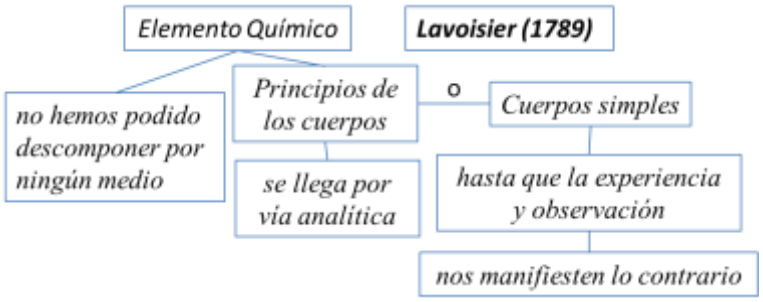
químico.

SOBRE EL ELEMENTO, Y LAS SUSTANCIAS EN LAVOISIER (1789):

> *Me contentaré pues, con decir, que si por el nombre de elementos queremos designar a las moléculas simples e indivisibles que componen los cuerpos, es probable que las ignoremos; pero si, por el contrario, unimos al nombre de elementos o principios de los cuerpos la idea del último término al que se llega por vía analítica, entonces todas las sustancias que hasta ahora no hemos podido descomponer por ningún medio, son para nosotros otros tantos elementos; no porque podamos asegurar que estos cuerpos que miramos como simples no estén compuestos de dos o más principios, sino porque no habiéndose llegado jamás a separarlos o por mejor decir, faltándonos los medios para hacerlo, son para nosotros unos cuerpos simples, que debemos mirar como tales, hasta que la experiencia y observación nos manifiesten lo contrario- . (Lavoisier, 1789: p.XI)*

En este fragmento es clara su definición de elemento. Esta definición trae de fondo un criterio experimental para hablar de elemento y es que sí no podemos descomponer más la sustancia con los métodos que se dispongan en la actualidad entonces esta sustancia será un elemento. En el gráfico 4 se muestra cómo la observación y la experiencia llevan a la identificación del elemento químico.

Gráfico 4. Sobre el elemento químico en Lavoisier



Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) Tratado elemental de química

Por otro lado define los compuestos de la siguiente manera:

> *A los cuerpos formados de la reunión de muchas sustancias simples se han dado el nombre de compuestos, como lo son las mismas sustancias; pero siendo ya bastante considerable el número de combinaciones binarias, reinaría entre ellas el desorden y confusión, si no hubiésemos procurado clasificarlas. (Lavoisier, 1789:p.XIII)*

En el trabajo experimental de Lavoisier, se puede apreciar que muy juiciosamente él organiza en la tabla 1 con sustancias simples, tomándolas como sinónimo de elementos químicos.

Tabla 1. Sustancias simples.

Sustancia Simple	*Nuevos nombres.*	*Viejos nombres correspondientes.*
Sustancias simples pertenecientes a todos los reinos de la naturaleza, que pueden considerarse como los elementos de los cuerpos.	Luz	Luz.
	Calóricos	Calor.
		Principio o elemento de calor.
		El fuego. Fluido de rocas ígnea.
		Materia de fuego y de calor.
	Oxígeno	Aire deflogistado.
		Aireempíreo
		Aire vital
		Base de aire vital.
	Nitrógeno o Azote	Aire flogisticado o gas flogisto
		Azote o Base hedionda
	Hidrógeno	Aire inflamable o gas o la base del aire inflamable.
Sustancias simples no metálicas oxidables y acidificables	Azufre Fósforo Carbón de leña	Los mismos nombres.
	Muriático radical Radicalfluórico Bórico radical	Siendo desconocido.
Sustancias simples metálicas acidificables y oxidables	Antimonio	Antimonio.
	Arsénico	Arsénico.
	Bismuto	Bismuto.
	Cobalto	Cobalto.
	Cobre	Cobre.
	Oro	Oro.
	Hierro	Hierro.
	Plomo	Plomo.
	Manganeso	Manganeso.
	Mercurio	Mercurio.
	Molibdeno	Molibdeno.
	Níquel	Níquel.
	Platina	Platina.
	Plata	Plata.
	Lata	Estaño.
	Tungsteno	Tungsteno.
	Cinc	Zinc.
Sustancias simples salidificables terrosas.	Cal	Tiza, tierra calcárea.
		Cal viva.
	Magnesia	{Magnesia, base de sal de Epsom.
		{Magnesia calcinada o cáustico.
	Baritina	Baritina, o pesado de la tierra.
	Alumbre	Arcilla, tierra de alumbre.
	Silex	Tierra silícea o vitrificable.

Tomada de (Lavoisier, 1789: p.126)

La descomposición de las sustancias simples salidificables terrosas como análisis químico en Lavoisier: La tabla 1 de sustancias simples de Lavoisier son el resultado de un proceso de descomposición, con el cual se da cuenta de los elementos constituyentes de algunas sustancias, con esta organización se aprecia que caracterizar las sustancias no se da de forma natural y por tanto es una construcción conceptual y experimental desde la caracterización de sus componentes.

En el abordaje del Tratado Elemental de Química de Lavoisier se evidencia que este desarrolla una organización y deja ver cómo desde su lógica experimental, lograr obtener elementos químicos o cuerpos simples. Como se mencionaba anteriormente, los cuerpos simples son el resultado de grandes esfuerzos investigativos de descomposición y separación integrados en una racionalidad científica

> *El principio que orienta los experimentos químicos consiste en la descomposición de cuerpos naturales, para así luego, por separado para examinar las diferentes sustancias que entran en su composición. Esta es una forma de análisis químico que ha permitido grandes progresos en nuestros tiempos. Antes el aceite y sal eran considerados como elementos de los cuerpos, y luego de la posterior observación y experimento han demostrado que todas las sales, en lugar de ser simples, se componen de un ácido unido a una base. Los límites del análisis se han ampliado enormemente por los descubrimientos modernos; los ácidos han demostrado estar compuestos de oxígeno, como un principio acidificante común a todos […]. He probado lo que Haffenfratz había antes encontrado, que los radicales de los ácidos no son elementos simples […]. E incluso como el Señor Berthollet he encontrado que las bases de las sales neutrales son compuestos, por ejemplo el amoníaco está compuesto de nitrógeno e hidrógeno. (Lavoisier, 1789, p.129)*

Esta definición de elemento químico deja abiertas las puertas a futuros desarrollos, sobre los principios de los cuerpos o como una entidad ultima que solo se llega desde el análisis químico, es así que Álzate (2005) menciona que

> *Sólo aquello fundamentado en la experiencia y la observación tiene, para Lavoisier, la virtud de ser reconocido como sustancia simple o elemento químico. Reconoce la formación de los cuerpos compuestos por la unión de varias sustancias simples. Como se percibe en su tabla de las sustancias simples incluye, entre las treinta y tres clasificadas como tales, a la cal, la magnesia, la barita, la alúmina y la sílice, nombradas por él "sustancias simples salificables terrosas" (Álzate, 2005: p.168).*

En la siguiente tabla se condensa las contribuciones de Lavoisier en relación con los trabajos de estudios ponderables en química.

Tabla 2. Contribuciones de Lavoisier

Contribuciones de Lavoisier	Otras contribuciones
1. Definición de elemento 2. La sistematización, la universalización de la ley de la conservación de la materia. *Metodología:* Análisis químico lo lleva a construir nociones.	Estudios o leyes ponderables de la combinación de elementos químicos: 1. Joseph Louis Proust 1754-1822 Ley de las proporciones constantes. 2. Dalton ley de proporciones múltiples 3. Ley de proporciones reciprocas. Benjamín Richter. (lleva a la noción de equivalentes) Estas leyes sirven para la formulación de la teoría corpuscular de la materia.

El concepto de elemento químico desde la idea de Lavoisier aporta a la nueva nomenclatura sobre un lenguaje ordinario de las sustancias simples, como afirma Estany (1990):

> *La química se encamina pues hacia su objetivo y hacia su perfección dividiendo, subdividiendo y resubdividiendo más aún e ignoramos cuál será el límite de sus éxitos. No podemos pues asegurar que lo que hoy día vemos como simple lo sea realmente: todo lo que podemos decir es que tal substancia es el límite actual al que llega el análisis químico y que no puede subdividirse más allá, en el estado actual de nuestros conocimientos (Lavoisier, 1989 (Euvres, t. I. p. 17).*
>
> *A partir de este texto podemos concluir que Lavoisier considera que substancia simple, o elemento, es aquella que no puede subdividirse más. Sin embargo, existe la posibilidad de que se encuentren, en el futuro, otros elementos, o sustancias que en un momento determinado de la historia se consideran elementos, no lo sean posteriormente a causa de su posible divisibilidad con una instrumentación mucho más avanzada para el análisis químico. A partir del concepto de elemento, Lavoisier confeccionó una tabla de las substancias simples identificadas hasta aquel momento y clasificó las sustancias, tanto simples como compuestas, de acuerdo con los conocimientos que se tenía de ellas. (Estany, 1990: p.17)*

Lavoisier al igual que Dalton en sus trabajos al estudiar la materia, estuvieron preocupados por la clasificación en los cuerpos o sustancias fundamentales, si bien Lavoisier indago sobre la masa, Dalton lo hizo en realidad hablando de peso atómico con llevado por la constitución de la materia.

SOBRE LOS ELEMENTOS, LAS SUSTANCIAS Y LOS ÁTOMOS EN DALTON

Dalton piensa que los elementos son cuerpos que están constituidos de átomos; que se caracterizan por ser indivisibles e indestructibles, a la vez que constituyen la materia. De acuerdo con Pullman (2010) para Dalton todos los átomos de un elemento dado son similares y tienen el mismo peso; en cambio, átomos de elementos diferentes tienen propiedades diferentes, concretamente, pesos diferentes; y agrega que las "partículas elementales" de los cuerpos se forman por la unión de un número definido de átomos constituyentes; y el peso de estas partículas compuestas es la suma de los pesos que las componen.

Dado que su estudio se desarrolló en torno a los pesos, establece una ley para la ponderación de los elementos químicos, y contribuye además con una escala para la organización de los elementos por su peso. En su teorización hace referencia a pesos atómicos y pesos relativos. Otro de los aspectos centrales de su trabajo tiene que ver con explicar cómo se da la combinación de los elementos en términos de los átomos. Frente a este aspecto menciona en sus trabajos que:

1 átomo de A+1 átomo de B= 1 átomo de C, binario.
1 átomo de A+2 átomo de B= 1 átomo de D, Ternario
2 átomos de A+1 átomo de B= 1 átomo de E, ternario
1 átomo de A+1 átomo de B= 1 átomo de F, cuaternario
1 átomo de A+1 átomo de B= 1 átomo de G, cuaternario
(Pullman, 2010: p.123)

Dalton establece dos categorías para las sustancias: las simples y las compuestas, su centro de atención es establecer vínculos para definir que sus propiedades son las mismas.

> *Se reincide en la persistencia de mantener la idea ingenua de que las propiedades de la sustancia simple permanecen en las sustancias compuestas, y no se considera la posibilidad de unas sustancias de naturaleza más básica,*

con propiedades diferentes a la de las sustancias simples y compuestas (Pullman, 2010)

En la tabla 3 se enuncian las contribuciones de Dalton:

Tabla 3. Contribuciones de Dalton

Contribuciones de Dalton	Sobre los cuerpos
Caracteriza a los elementos por su peso Establece una escala de pesos relativos por elementos. Propone una notación para los cuerpos simples o elementos. Realiza proposiciones sobre los átomos y los pesos. Átomos iguales= Peso iguales Átomos diferentes= diferente peso. Peso total= suma de los pesos Propuso convenciones y reglas para la combinación de átomos y reglas.	Los cuerpos simples en estado libre eran monoatómicos. Asume la **combinación** de los cuerpos como una **yuxtaposición sin ningún cambio interno.**

En síntesis para Dalton los átomos binarios, ternarios y cuaternarios se caracterizan por que el átomo es la partícula constituyente de cualquier sustancia simple o compuesta. (Esto engloba a lo que se denomina átomo y molécula actualmente)

Mientras que las partículas conservan las propiedades de los cuerpos ya sean compuestos binarios, o ternarios, asumiendo la combinación de los cuerpos como una yuxtaposición sin ningún cambio interno.

En ese entonces la materia se caracterizaba a partir de la idea de elemento y sustancia, sin embargo Dalton incluyo un término antiguo pero con una nueva denotación; el átomo, y con su trabajo enuncio algunas proposiciones fundamentales: 1) todos los átomos de un elemento dado son similares y tienen el mismo peso 2) átomos diferentes tienen pesos diferentes 3) las partículas constituyentes de los cuerpos compuestos se forma de una cantidad definida de átomos constituyentes 4) durante las trasformaciones químicas no se produce ninguna creación o destrucción de materia.

Con estas proposiciones sobre la materia, Dalton incluye una nueva forma de ver la materia que avoca al estudio del átomo es decir de esas partículas que constituyen los elementos.

El concepto de elemento químico es un término muy usado en la enseñanza y se suele asociar con átomo y sustancia simple, alrededor de estos conceptos hay unos progresos a nivel epistemológico y experimental, que resultaron útiles de examinar y explorar para dar cuenta de los criterios pertinentes para la enseñanza del elemento químico, según Álzate (2005) se presenta dos líneas epistémicas en las que se recopilan dos momentos históricos a la luz de las hipótesis que se tuvieron sobre los elementos químicos, un momento que se remite a la época de los griegos y un segundo momento donde se aborda los planteamientos y miradas de Lavoisier.

El estudio de las interacciones y asociaciones de cuerpos simples permite considerar según Pullman (2010) las partículas para solucionar la distinción entre átomos y moléculas donde su hipótesis solo considera las moléculas. Avogadro de esta manera diferencia entre moléculas elementales y compuestas, y que todos los gases a las mismas condiciones de temperatura y presión, contienen el mismo número de moléculas.

Las combinaciones de los gases se producen según unas relaciones simples de volumen: dos volúmenes de hidrógeno con uno de oxígeno, dan un volumen de agua, al estudiar estas combinaciones el hidrógeno y el oxígeno son elementos químicos que pueden existir en estado gaseoso en forma diatómica y solo se refiere a moléculas, cuando se habla de moléculas elementales es de hidrógeno y oxígeno y las moléculas compuestas como el agua, de aquí surge la hipótesis de Avogadro como:

> *Volúmenes iguales de distintas sustancias gaseosas, medidos en las mismas condiciones de presión y temperatura, contienen el mismo número de moléculas.*

Según Pullman (2010), Berzelius por su parte habla de átomos elementales y átomos compuestos que se clasifican de la siguiente manera resultando de las uniones de:

1. Dos sustancias elementales o sea compuestos de primer orden.
2. Más de dos sustancias elementales (que según esto se encuentran en los compuestos orgánicos) átomos orgánicos.
3. Dos o más átomos compuestos.

Berzelius ha construido teorías a partir de una observación minuciosa de hechos y logra la determinación tanto de los pesos equivalentes como de los pesos atómicos.

En ese entonces el estudio de las trasformaciones químicas estaba en auge, y posteriormente, se llega a caracterizar las sustancias que son compuestas no solo por dos elementos en relaciones fijas, uno a uno, sino en relaciones dos a uno etc. Esto abre un mundo de interrogantes y de relaciones de ponderabilidad en los elementos y los compuestos.

Pero, así mismo la posibilidad de comenzar a ordenar las sustancias por sus relaciones ponderables. Frente a este trabajo Berzelius de acuerdo con Pullman (2010) afirma que para este pensador las sustancias compuestas se identifican con unos subíndices numéricos que especifican el número de veces que la cantidad ponderal designada por el símbolo está presente en estos cuerpos. Se abre la posibilidad de encontrar entonces pesos relativos para las sustancias compuestas.

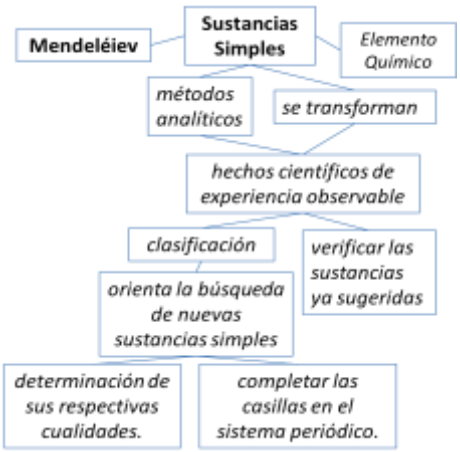
SOBRE LA ORGANIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS - MENDELÉIEV

La diferenciación que hace *Mendeléiev* entre elemento químico, sustancia simple y átomo en la organización de los elementos determinó cambios conceptuales debido a la variedad de desarrollos en este último siglo, con base al desarrollo científico y tecnológico venidero:

> *La predicción, característica esencial que Mendeléiev imprime a su clasificación, orienta la búsqueda de nuevas sustancias simples y la determinación de sus respectivas cualidades. Los métodos analíticos se transforman de hechos científicos de experiencia observable, para definir a las sustancias simples, a hechos científicos, para verificar las sustancias ya sugeridas y encontrar otras nuevas, para completarlas casillas en el sistema periódico. Según Bachelard, "un poderoso a priori guía la experiencia. Lo real es sólo realización" (1971:93). Este camino de la profundización de la racionalidad, denominado por Bachelard (1993) perfil epistemológico superracional de la noción de sustancia en química, prácticamente ausente en la enseñanza y el aprendizaje de la química inscrito en un alto dominio del realismo ingenuo y la confusión conceptual, es la vía que irrumpe con gran fortaleza y da lugar a profundizar el racionalismo, y resolver, cuarenta años después, la diferencia entre elemento químico y sustancia simple, ya planteada de modo intuitivo por los atomistas griegos de la línea de pensamiento de Demócrito y profundizada por Mendeléiev, lo cual, a su vez, lleva la diferencia entre elemento y átomo. (Álzate, 2005: p.187)*

En el gráfico 5 se muestran aspectos relevantes realizados por Mendeléiev en que vincula la clasificación con los hechos experimentales

Gráfico 5. Sobre las sustancias simples para Mendeléiev (1869)



Fuente: Propia a partir de Álzate (2005)

Mendeléiev sustenta los cambios conceptuales en la diferencia intuitiva y racional entre átomo y molécula, y entre elemento y sustancia simple, y por los progresos posteriores de la racionalidad de la fenomenología científica, tal como Marie Curie (1903) con los trabajos experimentales de los Rayos X permite adjudicar a cada elemento el número atómico con el manejo de instrumentos como del espectroscopio:

> *Una fenomenología, cada vez más abstracta, ligada al análisis nuclear y espectroscópico con radiación de rayos-x, crea al número atómico Z, número de protones en el núcleo atómico, como la cualidad que, cruzada con la valencia química, organiza la tabla periódica. (Álzate, 2005: p.186)*

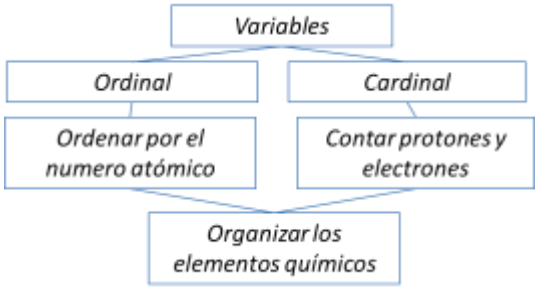
SOBRE EL ATOMO, ELEMENTO QUIMICO, SUSTANCIA SIMPLE DESDE PANETH

Las fenomenologías en el proceso de construcción y comprensión de los elementos, las sustancias y átomos, permiten construir y organizar de forma sistemática el conocimiento, como el caso de la tabla periódica, a propósito de que es producto de una organización conceptual, surge de las comprensiones y análisis de sustancias y elementos en la que se usan espectroscopios y rayos x, esta organización que en síntesis da lugar al número atómico, frente a esto afirma Álzate (2005):

> *Se concibe el número atómico no sólo como una variable ordinal que permite ordenar los elementos, sino también como una variable cardinal que permite contar el número de protones y el número de electrones, y ha dado base a las consideraciones estructurales electrónicas de las moléculas mono y polinucleares y a una de las formas de la organización del sistema periódico, en términos de las características de las estructuras electrónicas de los átomos o moléculas mononucleares. (p.188)*

En la caracterización de los elementos con sus números atómicos, se realiza una organización de los elementos por una variable ordinal es decir ordenar los elementos. Cuando se involucra la experimentación en el área de la espectrometría de masas cuyo análisis en los isótopos indica que un átomo al contabilizar sus constituyentes puede tener un número diferente de neutrones se denomina análisis isotópico, pero un mismo número de protones, y electrones. Este hecho de contar protones y electrones nos permite hablar de una variable cardinal en síntesis se presenta en el siguiente gráfico

Gráfico 6. Sobre la organización de los elementos químicos



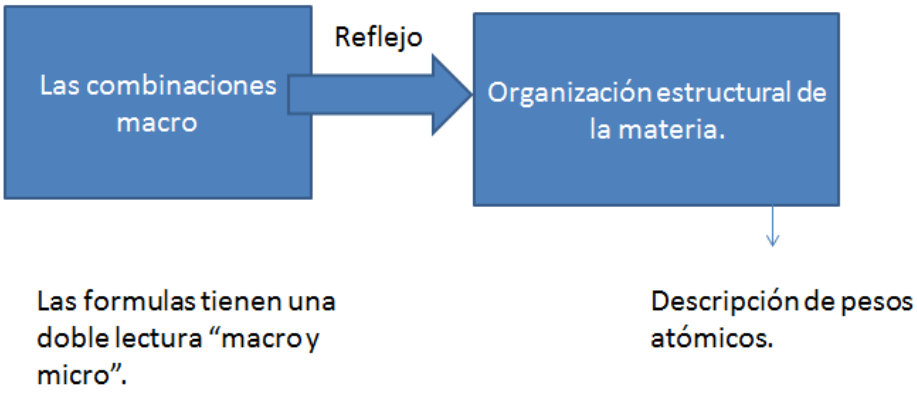
Fuente: Propia a partir de Álzate (2005)

Estas variables a su vez introducen un lenguaje que permite hablar de una configuración electrónica para los elementos químicos, que lleva a la organización del sistema periódico.

> *El análisis isotópico y la nucleosíntesis artificial han conducido a la identificación de los diversos isótopos de los elementos (núcleos con igual número de protones y diferente número de neutrones), no posibles de conocer en épocas anteriores, y a la creación de nuevos elementos químicos (aquellos con número atómico superior a 92) y de isótopos de los ya conocidos núcleos atómicos. Jensen (1998: 821) destaca el debate planteado en 1930 por los radioquímicos Fritz Paneth, Frederich Soddy (1887-1956) y Kasimir Fajans (1887- 1975), en torno a la necesidad de redefinir el concepto elemento químico a la luz del nuevo conocimiento sobre la estructura eléctrica de las sustancias. Igualmente anota que F. Soddy sugirió el término de "isótopos" para describir las variedades individuales de cada casilla de la tabla periódica y definió el término "elemento" como una clase de núcleos, todos los cuales tienen el mismo número atómico. (Álzate, 2005: p.188)*

Al hacer referencia a los elementos pensados como una clase de núcleos, el gráfico 7 permite dar cuenta de lo macro, y lo micro; el reflejo de esto en lo micro implica una organización estructural de la materia para dar cuenta de los pesos atómicos, donde se hace necesario la experimentación con rayos X en la aplicación de la espectrometría de masas.

Gráfico 7. Sobre las combinaciones macro



Fuente: Propia

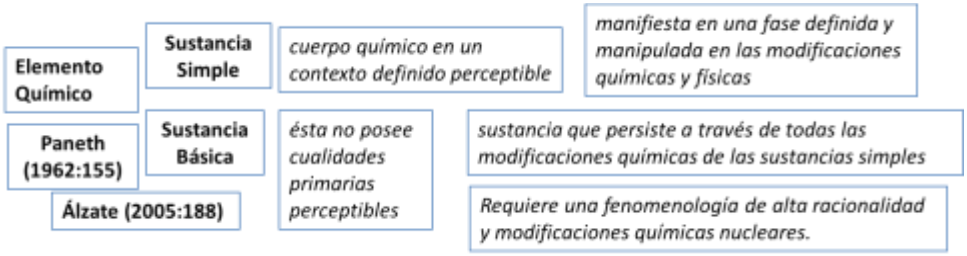
Ha trascurrido desde los trabajos de composición y descomposición con Boyle o Lavoisier, hasta esta época un trabajo de química centrado en una fenomenología de una alta racionalidad, de la cual hay aspectos que no son del todo perceptibles, para dar cuenta de lo no perceptible Paneth (1962, p.155 como se cita en Álzate, 2005) afirma:

> *Sustancia básica y de sustancia simple como dos aspectos diferentes del concepto elemento químico. La sustancia simple, nombrada cuerpo químico en un contexto definido en el cual es perceptible, se manifiesta en una fase definida y manipulada en las modificaciones químicas y físicas; difiere de la sustancia básica en cuanto que ésta no posee cualidades primarias perceptibles, y es la sustancia que persiste a través de todas las modificaciones químicas de las sustancias simples […] considera una dualidad epistemológica del estatus del concepto elemento químico, cuando éste es tomado en el sentido realístico-ingenuo para dar significado a la "sustancia simple", y cuando es tomado como significado trascendental de "sustancia básica" para aquello que no es perceptible, a los sentidos, requiere de la fenomenología de alta racionalidad y permanece invariante en todas las modificaciones químicas, salvo aquellas relacionadas con las modificaciones químicas nucleares. (Álzate, 2005: p.188)*

En el gráfico 8 se muestra las dos ideas que evidencia Paneth (1962) que están presentes cuando se estudia el Elemento Químico desde la sustancia simple y sustancia básica, donde se puede estar hablando de lo mismo por ejemplo el oxígeno desde la primera, ante nuestros sentidos es una sustancia que hace parte del proceso de respiración y es transformada física y químicamente y desde la segunda, sustancia básica es necesario analizarla en un espectrómetro de masas para determinar que

tiene un carácter diatómico y por tanto 2 núcleos en su estructura, además de una alta racionalidad de esto para saber que estamos hablando de la misma sustancia.

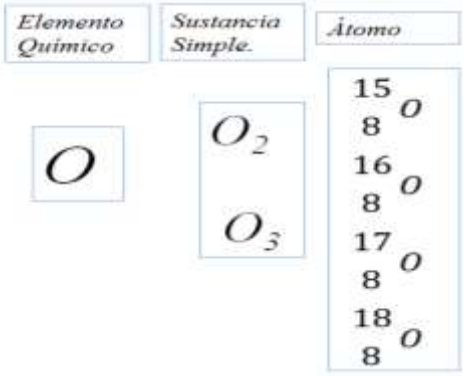
Gráfico 8. Sobre el elemento químico para Paneth



Fuente: Propia a partir de Álzate (2005)

La descripción de los pesos atómicos es una variable que permite organizar los elementos químicos, y junto con el número atómico, se pueden identificar y diferenciar las sustancias simples como el oxígeno atmosférico y el ozono.

Gráfico 9. Sobre la relación entre sustancia simple, átomo y elemento químico



Fuente: Propia a partir de Álzate (2005)

> *Henry Moseley (1887-1915) plantea la nueva idea acerca del elemento químico como la sustancia básica con cualidades diferentes a la sustancia simple; el elemento químico constituye y persiste en las sustancias simples. El oxígeno, de número atómico 8, es común a diversas formas como sustancia simple o en forma combinada con otro elemento, por ejemplo: O_2, O_3. (Álzate, 2005: p.187)*

Por ejemplo, en el gráfico 9 se muestra que un elemento químico como el oxígeno representado con la O, puede ser analizado por un espectrómetro de masas en diferentes formas determinando sus pesos atómicos que junto con el número atómico, se puede identificar y diferenciar los isotopos ^{15}O, ^{16}O, ^{17}O, ^{18}O, teniendo en cuenta que

el isotopo ^{15}O tiene número atómico 8 y un peso atómico de 15 tiene a su vez 8 protones más 7 neutrones que conforman el núcleo de dicho átomo y que se puede presentar en sustancias simples como el oxígeno atmosférico y el ozono.

En este capítulo se retomaron fragmentos de algunos científicos como Boyle, Lavoisier y Dalton se mostró una interrelación entre elemento químico, sustancia simple y átomo al analizar vínculos y diferencias entre estos, cada concepto que se estudió trae de fondo un sustento experimental en métodos de análisis ya que tanto el elemento y el átomo se convierten en conceptos abstractos que se producen a nivel experimental y no son naturales. Las interacciones que se seleccionan son pertinentes para derivan estrategias para el estudio de estos conceptos y su enseñanza.

La escuela requiere que el maestro proponga situaciones experimentales para que los estudiantes realicen prácticas de descomposición orientadas por una racionalidad científica en la cual las formas de razonar el elemento químico consideran necesario experimentar ya que no está dado de forma natural, por lo tanto se construye el capítulo 3 en el cual se aborda situaciones experimentales de Lavoisier y Faraday para dar cuenta de la descomposición y composición del agua.

CAPÍTULO III. ANALISIS EXPERIMENTAL DEL AGUA DESDE LA COMPOSICION Y LA DESCOMPOSICION: UNA FORMA DE CARACTERIZAR LOS ELEMENTOS QUIMICOS.

En esta sección se desarrolla un análisis de experimentos de composición y descomposición del agua de pensadores como Lavoisier (1789) y Faraday (1806), estos experimentos se seleccionan de textos de primera fuente pensando en los fines didácticos y pedagógicos que pueden tener para caracterizar los elementos químicos en la escuela.

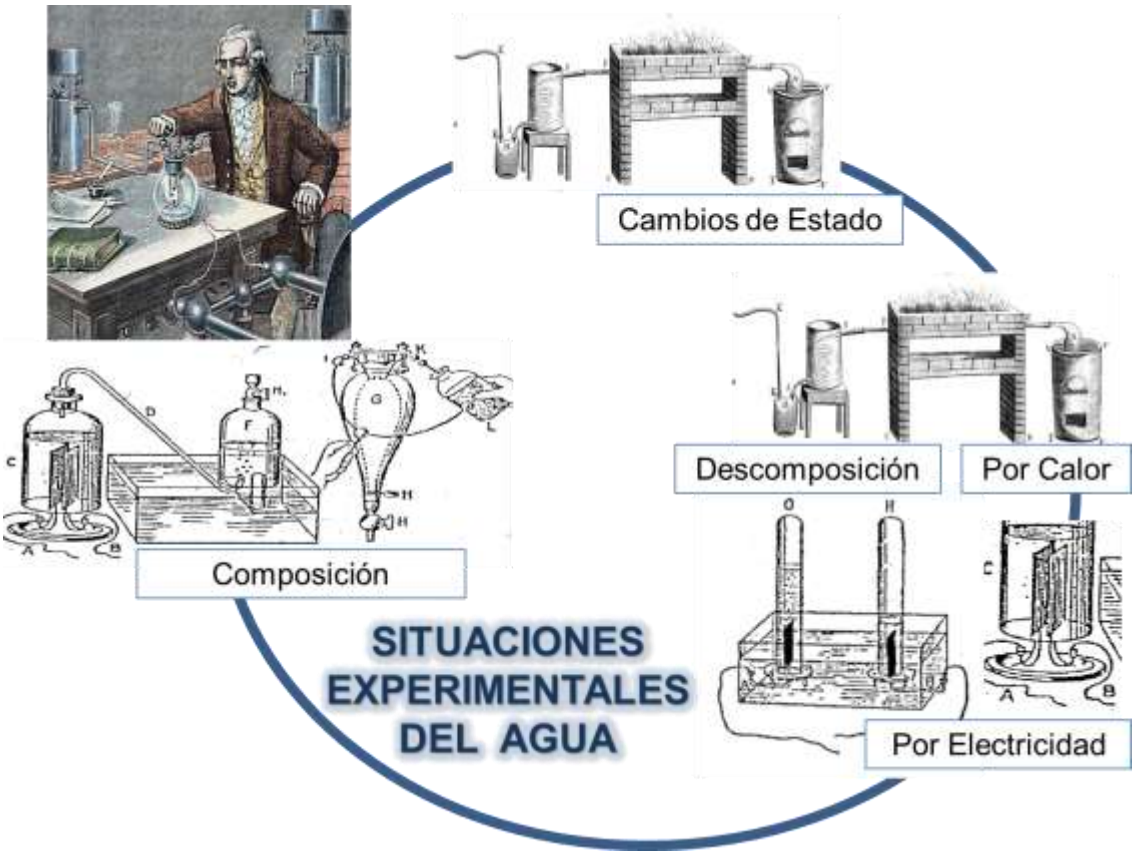
Los experimentos que se analizan se dividen en dos partes: En la primera se presentan los experimentos de Lavoisier[4], donde la composición y descomposición del agua se presenta por variaciones de la temperatura o calor desde la combustión. Los experimentos que plantea este pensador configuran una fenomenología de cuatro experimentos.

En la segunda parte se abordan dos experimentos de Faraday sobre la descomposición y composición del agua que se presenta gracias a interacciones a nivel eléctrico. En esta descomposición y composición del agua por electricidad se asocia a la electrolisis, proceso experimental desarrollado por este pensador.

Desde la experiencia cotidiana es poco usual reconocer situaciones en las que los elementos hayan presentado una composición o descomposición, por ello es necesario dar cuenta de su comportamiento mediante una investigación con un cierto bagaje experimental que aporte experiencias de las que se pueda empezar a proponer ideas sobre los elementos químicos, por ello se realiza un análisis de textos de primera fuente a partir de algunos experimentos en Lavoisier y Faraday como se muestra en el gráfico 10.

[4] Los experimentos de Lavoisier son descritos en Capítulo VIII, Tratado elemental de Química, sobre el principio radical del agua y su descomposición por carbón y hierro

Gráfico 10. Experimentos de Lavoisier y Faraday



Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) y Faraday (1839)

EXPERIMENTOS DE LAVOISIER SOBRE LA DESCOMPOSICION Y COMPOSICION DEL AGUA - PRIMERA PARTE

A continuación, se presentan cuatro experimentos planteados por Lavoisier para abordar la composición y descomposición del agua, los primeros tres experimentos se realizan con un mismo montaje y en cada uno de ellos se muestran aspectos característicos del agua para entenderla como una sustancia compuesta de los elementos químicos de hidrógeno y oxígeno.

En el primer experimento se destila el agua, es decir se calienta hasta que se evapora, y luego este vapor de agua[5] se condensa, se examina que le sucede al agua al

[5]El vapor de agua y de gas en la actualidad es distinta, gracias a la experimentación con gases es posible concluir que al encerrar un gas y aumentarle la presión y cambiarle la temperatura es posible cambiar el estado de un gas a liquido o sólido, mientras que el vapor solo al aumentar su presión ya puede cambiar a estado líquido, es más un gas a temperatura ambiente y a encerrado a una atmosfera de presión mantiene sus características mientras que el vapor a esta misma temperatura ya es agua, se necesita una temperatura superior y constante para mantenerlo en ese estado. Aunque Lavoisier llama al vapor gas acuoso y al gas- gas, y no establece una diferencia muy clara al

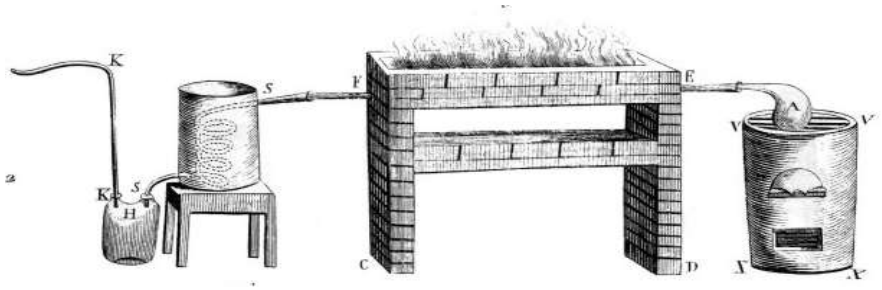
cambiar de líquido a vapor, y de vapor a líquido, luego se describe cómo se entiende la conservación de la cantidad de masa cuando el agua cambia de fase. En el segundo y tercer experimento se realiza un proceso de interacción entre el agua y carbón de leña y luego entre el agua y un trozo de metal, en estos experimentos el vapor de agua interactúa con estas sustancias transformándolas para producir un gas o una mezcla de gases, donde se examinan las proporciones de gas obtenidas en términos de volumen y masa, se compara con la masa inicial y posteriormente se determina mediante una serie de razonamientos cuál es la composición del agua y que caracteriza a las sustancias y las interacciones. Por último, en el cuarto experimento se descompone el agua y luego se recompone para examinar nuevamente las condiciones y proporciones de gases presentes en el agua. A continuación, se presenta y describe el montaje para realizar los primeros tres experimentos

Montaje para los tres primeros experimentos

La descripción de este montaje se realiza de derecha a izquierda, según Lavoisier:

> *En la parte derecha hay una retorta A llena de agua destilada que se mantiene caliente con el horno VVXX, luego hay un horno con extremos CD, el cual es atravesado por un tubo EF cuya inclinación permite el trasporte del gas que sale de la retorta A. Lavoisier (1789)*

Gráfico 11. Montaje Experimentos 1, 2 y 3.



Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) Tratado elemental de química

El tubo EF debe tener 8 *líneas* de diámetro. La línea en parís en ese momento era una medida que provenía de dividir la pulgada en 12 líneas, sí la línea mide aproximadamente 2,2 milímetros el diámetro del tubo es 17,6 mm, este diámetro es

respecto, de acá en adelante en las descripción de los experimentos de Lavoisier se va a utilizar la idea de gas tal y como la uso Lavoisier es decir como un estado más en el que se encuentra una sustancia o un elemento.

una medida que hay que tener, aunque también el material del que está hecho, frente a esto Lavoisier afirma:

> *Para representar el éxito de este experimento, es necesario que el tubo EF este bien recocido y difícilmente fusible de vidrio, y que se recubra con un laúd compuesto de arcilla mezclada con polvo piedra-ware; Además, debe ser apoyada sobre una barra de hierro que atraviesa el horno, para que no se ablande y doble durante el experimento. Un tubo de-porcelana, funciona mejor que uno de cristal para este experimento, no fue difícil adquirir uno casi completamente libre de poros que impidiese el paso de aire o de vapores. Lavoisier (1789)*

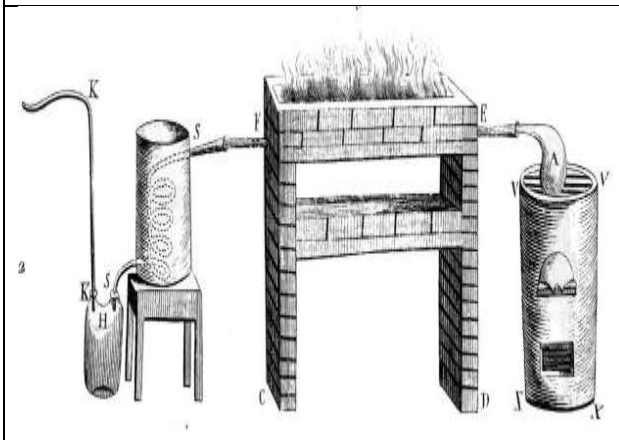
Este tubo EF se conecta a un gusano SS que sirve para enfriar los gases y condensarlos en la botella H. no obstante esta botella tiene un tubo KK para poder recolectar gases que no condensen del todo, según las condiciones que se quiera realizar el experimento.

PRIMER EXPERIMENTO: DESTILACIÓN DE AGUA.

En este experimento el agua se somete a diferentes pruebas, primero se calienta hasta que se evapora totalmente, luego se examina qué pasa con la cantidad de vapor de agua al enfriarse. Así Lavoisier espera que la cantidad de agua que pasa de líquido a gas y luego de gas a líquido sea la misma. Es decir que se conserve, la cantidad inicial y final.

Este experimento se puede realizar con el montaje que plantea Lavoisier o con un montaje de destilación actual.

Tabla 4. Montaje para destilar y materiales empleados según Lavoisier

Montaje de Lavoisier	Generalidades
	**Materiales**: En este montaje se emplea: una retorta A para calentar agua con un horno VVXX, luego hay un horno atravesado por un tubo EF conectado a un tubo refrigerante SS, una botella H para recoger el agua destilada y un tubo KK para recolectar gases.

Procedimiento y resultado: se vierte cierta cantidad de agua destilada en la retorta, luego se encienden los hornos, el horno del medio debe estar caliente pero no tanto como para derretir el tubo EF. Mientras que el horno de la derecha VVXX, debe estar lo suficientemente caliente como para mantener el agua hirviendo al interior de la retorta. En la retorta se evapora el agua en una proporción que llena el tubo EF, y luego sucede lo que afirma *Lavoisier (1989) "el gas acuoso formado por evaporación se condensa por el enfriamiento en el gusano SS y cae, gota a gota, dentro de la botella H".* Luego se espera a que se evapore toda el agua de la retorta*. "Al final encontramos que ha pasado una cantidad de agua en la botella H, exactamente igual a lo que antes estaba contenida en la retorta A". (Lavoisier, 1989)*

Este experimento se puede realizar con una destilación simple; y el resultado habría sido exactamente el mismo. En la actualidad para hacer este experimento en la escuela se propone el siguiente montaje.

Tabla 5. Montaje propuesto para destilar

Montaje propuesto	**Materiales y su equivalente con el montaje de Lavoisier**
	Balón/ es el equivalente a la retorta A, en este se almacena el agua a destilar. Tubo refrigerante y mangueras es similar al tubo refrigerante en forma de serpentina o tuvo SS. Fuente de calor (estufa o plancha de calentamiento o mechero) es similar a los hornos que se usaban anteriormente. El vaso es equivalente a la botella H, es donde se recolecta el agua destilada. Termómetro, mangueras y soportes universales, pinzas y nueces.

Procedimiento y relación con el montaje anterior:

Primero se alista el montaje conectando el balón con el tubo de refrigeración cuyas mangueras están conectadas a una llave con agua, una manguera proporciona el agua y otra la evacua en el vertedero. Y sobre una base se coloca el vaso que recoge el agua destilada. Teniendo esto armado como se muestra en la imagen, se procede a calentar el agua destilada del balón con la estufa, luego se espera a que el vapor formado se enfríe y condense con el tubo refrigerante y caiga una a una, gotas de agua en el vaso. Al final, se espera que la cantidad de agua en el balón al destilarse sea la misma que en el vaso.

Análisis:

En este experimento el agua es la sustancia objeto de estudio, lo que se observa como se ha mencionado antes es que al cambiar de estado- líquido a vapor, y de vapor a líquido, la cantidad de masa de agua inicial y final es igual, pero también se puede dar cuenta no solo de qué datos se mantienen constantes, sino de los cambios que presenta el agua y cómo se presentan.

Tabla 6. Cambios en el agua durante la destilación

Datos constantes	Cambios en el agua
Masa inicial de agua, luego de la destilación es igual que al final.	Aumenta de temperatura para pasar de líquido a vapor; y viceversa.

La conservación de la masa en este caso es aplicable para una sustancia que cambia su estado o fase por aumento o disminución de temperatura, pero como tal no hay una trasformación en la interacción con otra sustancia o elemento. En todo el experimento el agua se piensa como una sustancia homogénea que solo cambia de estado por la variación de la temperatura. Sin embargo, con los experimentos que siguen en este capítulo, esta homogeneidad se cuestiona y el agua se puede entender entonces como una sustancia compuesta por los elementos hidrógeno y oxígeno, aunque con este experimento aún no se logra esta relación, si es un inicio para hablar de la conservación desde la medición de la masa inicial y final del agua. Pero, se abre la pregunta o el interés de examinar si esta conservación se mantiene en la interacción

del agua y algún elemento químico, al menos esta es una preocupación para Lavoisier, y a partir de allí es que propone la idea de descomposición y composición para explicar la interacción entre el agua y el carbón o el hierro, de allí construye ideas y relaciones sobre las sustancias y los elementos; distintas de las que habían hasta entonces.

Aunque actualmente es posible hacer una explicación de cada experimento diferenciando por ejemplo, los conceptos que propone Lavoisier sobre las sustancias y los que disponemos actualmente, lo interesante es determinar la pertinencia de este experimento y los alcances que se pueden lograr con este para la enseñanza.

Sobre la pertinencia del experimento en la enseñanza y su relación con los demás experimentos propuestos por Lavoisier

Cuando se piensa en la enseñanza de las ciencias, y se aborda un estudio a nivel teórico de una serie de experimentos como los que plantea Lavoisier, deben hacerse unas precisiones y claridades al respecto, la primera de ellas es que la destilación es solo uno de los cuatro experimentos que plantea este pensador, pero cada uno de ellos tiene una interdependencia a nivel conceptual y práctico con los demás, por lo tanto dar cuenta de este experimento es dar cuenta no solo de los resultados, sino de su relación con los que siguen, de ahí su pertinencia.

Este primer experimento de toda la secuencia permite dar cuenta de la conservación para el agua cuando cambia de fase, además garantiza que en el montaje y las sustancias de las que está hecho, no intervengan o interactúen en la formación de nuevos compuestos durante el experimento, esto implica que al introducir algún elemento químico dentro del sistema o montaje para destilar, se asegura que solo el agua y el elemento introducido interactúen químicamente, esto permite un estudio de las interacciones a diferentes temperaturas entre el elemento que se introduce en el montaje y el agua a destilar; claro, bajo ciertas condiciones experimentales. Pero también a raíz de este se propone la conservación como un principio a seguir para organizar el posterior estudio del agua desde su composición y descomposición en los experimentos que siguen.

Al determinar la pertinencia del experimento y su enfoque, se asume una postura donde lo importante no es reconstruir todo el entramado conceptual de Lavoisier desde sus experimentos reafirmando lo que dijo, sino buscar en ellos sus potencialidades

para la enseñanza y cuáles de ellos y con qué modificaciones resultan pertinentes para que en la escuela se aborde un estudio de las sustancias y los elementos desde la composición y descomposición.

Cuando este experimento se realiza en la escuela además de proveer un primer acercamiento al montaje de destilación y a los problemas experimentales que supone colocar todas las partes en orden, y las condiciones para que no hallan fugas de vapor, es necesario lograr la manipulación de los materiales del montaje desde la ampliación de la experiencia al describir los efectos y cambios que tiene el agua cuando pasa de líquido a vapor y viceversa, o también explorar que sucede al realizar el experimento con agua ya destilada o con agua de grifo. Sí se trabaja con agua de grifo, la masa de los sólidos que estén disueltos en el agua quedarán en el balón y al sumarlos con la masa de agua destilada serán iguales, es decir la masa será igual al inicio y al final. Este experimento llevado a la escuela es una experiencia más que si se orienta desde unas preguntas adecuadas es posible que los estudiantes puedan establecer características del agua y de vapor, definir las condiciones necesarias para destilar, establecer relaciones entre la cantidad de vapor y las gotas de agua producida, así como relaciones entre la temperatura y el tiempo; no se trata que lleguen precisamente a las mismas conclusiones que Lavoisier de inmediato pero sí que haya una familiarización con el montaje y se deriven unas compresiones desde su forma de analizar los efectos observados. Aunque estos son detalles y descripciones que se obvian en el trabajo de Lavoisier cuando se trata de la enseñanza percibirlos enriquece las preguntas que se proponen a los estudiantes y de este modo las descripciones que ellos hagan de los efectos observados.

SEGUNDO EXPERIMENTO: REACCION DEL AGUA Y EL CARBONO A ALTAS TEMPERATURAS

En este experimento se estudia la interacción entre el agua y trozos de carbón. Se describe que le ocurre al agua y al carbón desde comienzo hasta el final de la interacción. Acá el agua se destila, pero a diferencia del experimento anterior se agrega un trozo de carbón, para analizar los resultados partiendo de la conservación en la medición de masas iniciales y finales, esto conduce desde unos razonamientos a la

idea de composición y descomposición del agua y la caracterización de las sustancias y elementos.

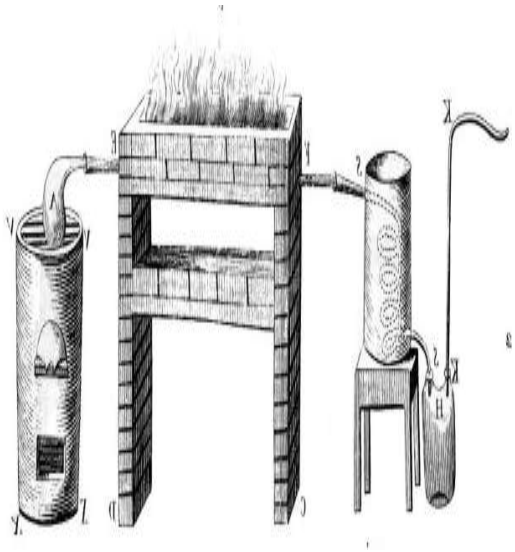
En esta sección se describe el experimento y se justifica porqué es relevante la medición de la masa al comienzo y al final. Por otro lado, se propone un razonamiento para explicar lo que sucede y cómo se comprenden las sustancias y los elementos. Por último, se destacan los criterios que permiten hablar de composición y descomposición.

Descripción del experimento

Especificación del montaje

Para realizar este experimento Lavoisier usó el mismo montaje que en el primer experimento. A continuación, se presentan dos imágenes donde se observa las modificaciones que se proponen para que este pueda ser realizado en la escuela, luego viene la descripción y análisis propuestos.

Tabla 7. Montajes para transformar el agua de Lavoisier y el propuesto

Montaje de Lavoisier	**Montaje propuesto**
	
Materiales: En este montaje se emplea: una retorta A para calentar agua con un horno VVXX, luego hay un horno atravesado por un tubo EF conectado a un tubo refrigerante SS, una botella H para recoger el agua destilada y un tubo KK para recolectar gases. Son iguales que en el experimento de destilación.	**Materiales:** Balón/ es el equivalente a la retorta A, en este se almacena el agua a destilar. Tubo de vidrio/ es el equivalente al tubo EF donde se agrega carbón activado pulverizado. Tubo refrigerante y mangueras es similar al tubo refrigerante en forma de serpentina o tubo SS. Fuente de calor (estufa o plancha de calentamiento o mechero) es similar a los hornos que se usaban anteriormente. manguera/tubo kk direcciona el gas desde el tubo refrigerante hasta la probeta invertida Probeta invertida: al desplazar el agua contenida en ella almacena el gas. cubeta de agua /botella H, es donde se recolecta los productos Termómetro, mangueras y soportes universales, pinzas y nueces.

Descripción procedimiento experimento - montaje propuesto

Luego de ensamblar el montaje propuesto lo primero que se realiza es introducir 50 mL o más de agua en el balón, y 1 gramo de carbón en el tubo anterior al tubo refrigerante, como se puede apreciar en la tabla anterior. Luego, se enciende una estufa para calentar el balón y hacer que el agua se torne en vapor. Se espera a que el agua se comience a evaporar, el carbón ha interactuado con el vapor de agua y cuando la probeta invertida haya desplazado el agua lo cual evidencia la producción de gases en ese momento termina el experimento. No olvidar que se deben asegurar muy bien las mangueras y el termómetro en el montaje propuesto de tal manera que no haya fugas del vapor. En la descripción que sigue a continuación el tubo antes del tubo refrigerante hará las veces del tubo EF del que habla Lavoisier.

Descripción planteada por Lavoisier desde su montaje

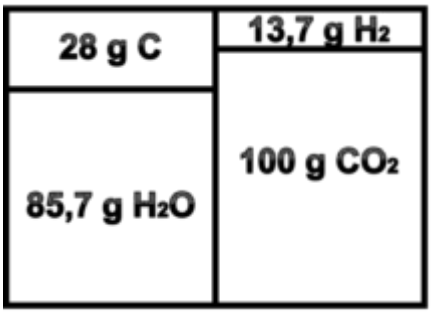
En este experimento se usa el mismo montaje que en el anterior, pero esta vez se coloca en el interior del tubo EF 28 gramos de carbón vegetal, divididos en piezas moderadamente pequeñas. Al mismo tiempo se mantiene agua destilada en la réplica A, que al evaporarse y conducirse por el tubo EF llega hasta el gusano SS donde se condensa y cae en la botella H.

Lo que encuentra es que una parte del agua que hay en la réplica A se condensa y al medir la cantidad de agua en la réplica A y en la botella H, se encuentra que faltan 85,7g de agua estilada, y por otro lado, los 28 gramos de carbón han desaparecido como afirma Lavoisier *"nos encontramos con nada más que unos pocos átomos de cenizas que quedan en el tubo EF; los 28 gramos del carbón de leña después de haber desaparecido del todo"*. Este pensador, da cuenta que el carbón se ha trasformado en cenizas y solo quedan unos restos que denomina átomos. El término átomo lo asocia con partículas o partes de materia, diferente al actual. Por último, a medida que el carbón y el agua han desaparecido, se obtiene un gas que Lavoisier busca identificar y caracterizar.

En la identificación del gas luego de encerrarlo lo somete a pruebas con fuego y encuentra que una parte del gas es combustible y otra no, de ello concluye que no se

obtuvo uno sino dos gases. El gas que se enciende es ligero con un volumen de 380 pulgadas cúbicas y masa de 13,7 g; el otro gas con un volumen de 144 pulgadas cúbicas y masa 100 g. Aunque no detalla cómo midió las masas o los volúmenes lo que sí se puede precisar en términos de medidas es que la pulgada cubica es el resultado de elevar una pulgada francesa que equivalía en ese momento a 2,64 cm, entonces la pulgada cúbica es equivalente a 18,3 cm^3 con estos resultados el lector puede hacerse a la idea de que la cantidad gas recolectada debía ser grande para poder pesarla.

Gráfico 12. Masa inicial y final de la transformación del agua por acción del C y el calor



Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) Tratado elemental de química

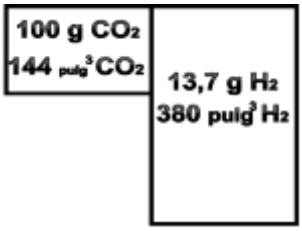
Revisando el gráfico 12 realizado a partir de los fragmentos de Lavoisier permite hacer cuentas del agua destilada faltante y el carbón desaparecido, nos da una masa total de 113,7 g de los productos; y el gas obtenido tiene una masa de 13,7 g. Respecto a la cantidad de agua inicial de 85,7g, se debieron haber unido (composición) con 28g de carbón. Respecto a los gases obtenidos, Lavoisier demostró que de los 100 g de gas obtenido que denominó ácido carbónico- 72 g son de oxigeno que se combinaron con los 28 g de carbón, y los 13,7 g son de hidrógeno que no se combinaron con el carbón, es decir que se separaron los elementos que componen el agua, donde el hidrógeno se separó del oxígeno y siguió su camino, mientras que el oxígeno se unió con el carbón para formar ácido carbónico.

Análisis de la interacción entre el carbón y vapor de agua.

En esta interacción primero se define la masa inicial y luego la final, estas masas se miden en un experimento donde no hay solo una sustancia, sino que hay una sustancia (agua) y un elemento (carbono). La masa inicial no parte de la medición del agua colocada en el balón de destilación, sino que surge de encontrar la masa ausente o que ha desaparecido, esta cantidad de masa es 85,7 g y es la que se asume ha intervenido en la interacción. Luego se mide la cantidad de masa al final es decir la masa del gas que se obtiene o el producto. Cuando se pregunta en cómo se encierra el gas, es sencillo encerrarlo en una probeta o un recipiente invertido sobre agua, donde el volumen de agua desplazada da cuenta del volumen de gas obtenido.

La interacción que se presenta trae algunos cambios, primero desaparece agua y carbón, luego aparece un gas. Al medir las masas inicial y final son equivalentes. Pero de la masa inicial del vapor de agua y el carbón, no se obtiene lo mismo al final, sino un gas producto de la una unión de uno de los componentes del vapor de agua con el carbón y otro gas componente del agua que no se unió al carbono. El gráfico 13 muestra la equivalencia de masas y volúmenes de los gases obtenidos:

Gráfico 13. Relación de masa y volumen de CO_2 y H_2



Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) Tratado elemental de química

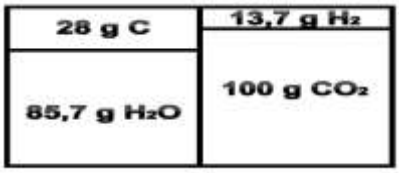
En la identificación del gas obtenido se encuentra que 380 pulgadas cúbicas (6954cm^3) son de un gas ligero llamado hidrógeno y 144 pulgadas cúbicas (2635,2cm^3) son del otro gas que actualmente se define como dióxido de carbono, sus masas respectivas fueron 13,7 g y 100 g. estas relaciones entre masa y volumen permite determinar la densidad del dióxido de carbono e hidrógeno cuyos cálculos se presentan en la siguiente tabla

Tabla 8. Densidad de CO_2 y H_2

Densidad del hidrógeno	Densidad del dióxido de carbono
$Densidad\ del\ H_2 = \frac{13{,}7\ g}{6954\ cm^3}$ $= 0{,}00197\ g/cm^3$	$Densidad\ del\ CO_2 = \frac{100\ g}{2635{,}2\ cm^3}$ $= 0{,}0379\ g/cm^3$

El gráfico 14 muestra la equivalencia de masas entre los gases obtenidos y la masa inicial:

Gráfico 14. Masa inicial y final de la transformación del agua por acción del C y el calor



Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) Tratado elemental de química

Estos datos permiten inferir que los 100 gramos de CO_2 son el resultado de unir 72 gramos de oxígeno con 28 g de carbón, esto no es a priori hay unos supuestos de fondo, primero que el carbón solo interactúa con este gas cuando está a una temperatura cerca a los 90°C, en esta condición se comienza a observar que el carbón desaparece. Otro aspecto a detallar es que este gas interactúa en ciertas proporciones con el carbón, es por eso que una parte del vapor de agua se destiló y una parte interactúo con el carbón, mientras que el gas ligero o hidrógeno no interactuó con el carbón, resultado que se deriva al diferenciar los dos gases que se encuentran al final del experimento. A partir de esto se concluye que la identificación y separación del gas obtenido es lo que permite definir que el vapor de agua está compuesto por dos gases uno que interactuó con el carbón y uno que no, es decir que el agua está compuesta por dos gases o elementos que no se pudieron separar más y por tanto son elementos, el hidrógeno y el oxígeno. También se muestra que cuando se presenta la composición entre el oxígeno presente en el agua y el carbón, hay una descomposición del agua donde uno de sus elementos afines interactúa con el elemento carbono. Por último, la separación de las sustancias y la caracterización de las interacciones es la que permite estudiar en la materia, relaciones que son posibles con la experimentación.

Criterios generales para hablar de composición y descomposición

1) Cuando se realiza un experimento donde intervienen sustancias, y al final del experimento estas sustancias no son las mismas que al comienzo, se puede pensar que las sustancias iniciales al estar en contacto bajo ciertas condiciones experimentales se han transformado. Pero cuando se miden las masas inicial y final que son iguales y se identifica en los productos del experimento que lo obtenido no es una solo sustancia sino dos o más, la explicación que surge es que parte de lo que había inicialmente estaba compuesto de 2 , o más elementos, que interactuaron según su afinidad para formar nuevas sustancias, esto implica que las sustancias se presentan en realidad como homogéneas pero en el fondo son formadas de varios elementos que se pueden separar (descomposición) y unir (composición) con otros elementos de otras sustancias para formar nuevos productos, esta es una explicación donde las sustancias adquieren un carácter variable o inestable según las condiciones a las que se someten, además de que la sustancia no es solo una unidad inmutable, sino que es una composición de dos o más partes que denominamos elementos y solo en la descomposición se manifiestan.
2) Para hablar de descomposición y composición de una sustancia debe realizarse un trabajo experimental donde se identifique masas iniciales y finales, los productos que se encuentran, y debe compararse además en relación a las masas qué se unió con qué y en que proporciones, esto es lo que lleva a establecer una noción de elemento desde la validez de la idea de composición y descomposición.

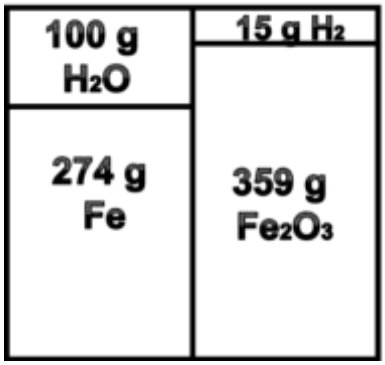
TERCER EXPERIMENTO. REACCION DEL AGUA Y EL HIERRO A ALTAS TEMPERATURAS

En este experimento al igual que en el anterior se presenta un proceso de descomposición y composición del agua, gracias a la interacción del agua en forma de vapor y un metal en ignición. En las observaciones que se realizan de este experimento se da relevancia a la medición de cantidades de gas producidos al inicio y al final, así como al establecimiento de relaciones entre los pesos de los elementos que interactúan durante el proceso.

Descripción del experimento

A partir del montaje inicial, en este experimento se coloca en el tubo **EF** 274 g de hierro dulce en finas láminas, enrollado en espiral. Teniendo el montaje listo y los hornos encendidos, se observa que el agua de la retorta comienza a hervir y el agua en vapor fluye por el tubo **EF** e interactúa con el hierro caliente. En esta interacción *se descompone el vapor de agua* en dos partes, una parte del gas se une con el hierro caliente, y la otra que no interactúa con el hierro sigue fluyendo por el tubo pasa por el gusano **SS** y llega a la botella **H**.

Gráfico 15. Masa inicial y final de la transformación del agua por acción del Fe y el calor



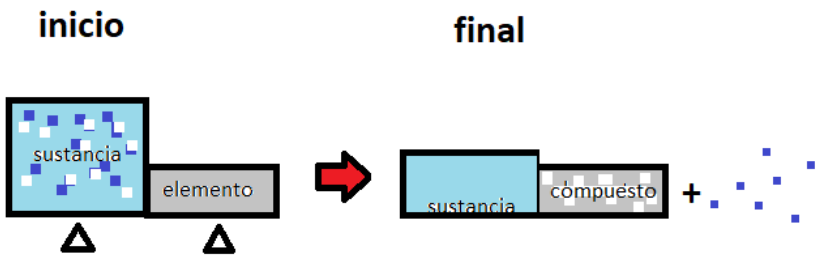
Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) Tratado elemental de química

Al analizar el experimento se destacan los siguientes aspectos:

- Cuando se presenta una descomposición del agua en forma de vapor al mismo tiempo se da un proceso de composición entre uno de los elementos del agua y una sustancia o elemento afín a esta.
- En la descomposición del vapor de agua, se debe identificar dos componentes o elementos presentes en el agua, y qué pasa con cada uno de ellos. En este experimento el componente oxígeno interactúa con el hierro, y el hidrógeno que es más liviano no interactúa y por eso sigue por las tuberías del montaje donde es identificado y estudiado según las propiedades que presenta.
- La medición de la cantidad de gas que interactuó con el metal y la que no interactuó es pertinente para establecer las relaciones o uniones entre elementos químicos en términos de qué pasa con las masas. Por lo anterior en el experimento se midió la masa al comienzo y final, lo que permitió definir: 1) la

cantidad de masa que aumento y se redujo debido a la interacción 2) que hubo una reacción, en la que el aumento de masa del hierro no fue porque se agregó más hierro, sino porque hubo una reacción donde se formó una sustancia cuyos componentes son hierro y un componente del vapor de agua. 3) Frente al aumento de masa del hierro y en la pérdida de masa en el vapor de agua, en la pérdida se asume que hay una especie de conservación de la masa en el que un sustancia pierde masa y otra la gana, mientras que se da una composición o se forma un compuesto.

Gráfico 16. Condición inicial y final de la transformación del agua por acción del Fe y el calor



Fuente: Propia

- Para explicar un poco mejor este punto se propone el gráfico 16, donde se refleja que a medida que una sustancia como el agua interactúa con el hierro-elemento, el aumento de masa del hierro muestra que en realidad al final se formó un compuesto con masa que perdió el agua, pero esta masa que pierde el agua es precisamente de uno de sus compuestos, o elementos afín con el hierro, y la masa del gas no afín se observa como un gas o elemento sobrante representado en los cuadros azules. Si observamos detalladamente el gráfico se aprecia que determinar la masa y como se dispone al comienzo y al final no solo permite definir que se conservó, sino que parte de la sustancia y de sus elementos constitutivos se separa por acción de calor en presencia de una interacción por afinidades, de lo anterior se puede concluir que si el agua fuera solo un elemento afín al hierro no sobraría el gas azul del gráfico, sino que solo

aumentaría la masa del hierro, como no es así se asume que el agua está formada en realidad por dos elementos.

- En la descomposición del agua es preciso definir qué es un elemento, qué es sustancia, cómo se presentan las interacciones y bajo qué criterios se explican los cambios observados.

Datos obtenidos

Se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 9. Condiciones al inicio de la transformación del agua por acción del Fe y el calor

Peso	Aspectos Relevantes	Sustancia	Propiedades
274 g	El hierro va a interactuar con el vapor de agua.	Hierro	Alcanza altas temperaturas e interactúa con gases como vapor de agua.
100 g	El agua en forma de vapor va a interactuar con el hierro	Agua	A más de cien grados el agua se presenta en forma de vapor.

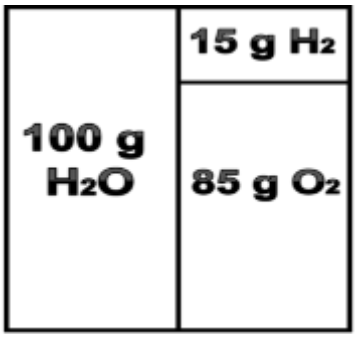
Tabla 10. Condiciones al final de la transformación del agua por acción del Fe y el calor

Peso	Aspectos Relevantes	Sustancia	Propiedades
274+85 g O Aumento	Aumenta su masa al interactuar con el vapor de agua	Hierro	El hierro tiene una afinidad con alguno de los gases que componen el vapor de agua.
100g -85 g O Disminuyo	El vapor de agua pierde 85 g masa al interactuar con el hierro caliente, de los cuales 15g que se identifican al final no son vapor de agua, pero si de un gas muy ligero.	Vapor de agua	Se descompone en la interacción con metales.
15 g	Es posible descomponer el vapor de agua y obtener este gas en una oxidación.	Hidrógeno	Ligero 13 veces más ligero que el aire atmosférico

Cuando el vapor de agua interacciona con el hierro se encuentra que el hierro gana un peso de 85 gramos, esta ganancia se interpreta como una interacción entre algún componente del vapor de agua y el hierro, esto se piensa porque parte de un gas que se obtiene de la interacción es mucho más liviano que el vapor de agua y no es vapor

de agua. Este gas ligero pesa 15 gramos, y que si se piensa detenidamente de los 100 gramos de vapor de agua 15 gramos de uno de sus componentes parece que no interactúa con el hierro mientras que 85 gramos de otro componente del vapor de agua si lo hace con el hierro. Esto implica que la composición del vapor de agua tiene al menos dos tipos de gases diferentes.

Gráfico 17. Relación de masa en la transformación del agua por acción del Fe y el calor



Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) Tratado elemental de química

Si nos centramos en qué le pasa al hierro, se encuentra que gana 85 gramos de peso, de los cuales se asume que hubo una reacción de oxidación, con ayuda del calor.

Del gráfico 17 se concluye que el agua está compuesta por 85 partes de oxigeno por 15 partes de otro gas ligero e inflamable. Este gas ligero se le denomina hidrógeno que según Lavoisier, *"significa el principio generativo de agua"*

En este experimento en el que se presenta una combustión entre el hierro y el oxígeno que compone una cantidad de vapor de agua, se deduce que el hierro y el oxígeno tienen cierta afinidad.

La explicación de Lavoisier

Lavoisier no desconoce la descomposición que se ha realizado del agua mediante dos procesos uno la obtención del vapor de agua, y luego su descomposición por medio de qué lugar a la oxidación del hierro. A esto agrega términos como afinidad que sirven para proponer una idea de por qué ciertos elementos interactúan unos con otros.

Criterios experimentales

- La descomposición del agua se da en primer lugar por una descomposición del vapor de agua en hidrógeno y oxígeno.
- Para que haya una descomposición del agua mediante una reacción donde los gases de hidrógeno y oxígeno alguno de estos presente más afinidad con un determinado elemento metálico[6].
- Gracias a las altas temperaturas del vapor de agua y el metal, el vapor de agua se descompone en el hidrógeno y el oxígeno, donde este último gas por afinidad[7] con el hierro lo oxida formando un compuesto u óxido para que todo aumenta su masa y por ende, le cambia las propiedades al hierro, en cuanto a su brillo metálico, color gris, forma definida, conductor de electricidad y calor entre otras, a las propiedades al formar un oxido es decir un compuesto de color negro opaco, y no conductor de electricidad y calor.

Al hacer una comparación de los experimentos 2 y 3 se encuentra que el vapor de agua reacciona con un elemento químico ubicado en el tubo EF el cual es oxidado y se libera hidrógeno, cuando empezamos a comparar el carbón y hierro se evidencia que el primero se trata de un no metal y el segundo de un metal, los dos elementos químicos reaccionan oxidándose aumentando su peso en el primero se transforma en gas y el segundo en un sólido. Ante la percepción del observador se puede detallar que en ambos se liberó hidrógeno, ahora se analiza una de las propiedades de este gas partiendo del gráfico 18, es necesario recordar que una pulgada cubica es igual a 18,3 cm^3.

[6] El elemento metálico hace referencia a un elemento químico del grupo de los metales.
[7] La afinidad química trata de como la fuerza química de un elemento químico a otro difiere para formar compuestos químicos

Gráfico 18. Masa y volumen de hidrógeno en los experimentos con hierro y carbón



Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) Tratado elemental de química

Estos experimentos de Lavoisier son necesarios para estudiar en cuales se logra oxidar dos elementos como el hierro y carbón y liberar hidrógeno, al relacionar estos valores en gramos y pulgadas cúbicas se determina la densidad del gas hidrógeno, esta es una propiedad que relaciona la masa y el volumen. En la identificación del gas obtenido –hidrógeno- se encuentra que en el experimento con carbón sus masas respectivas son 13,7 g y con hierro son 15 g y los volúmenes de este gas ligero llamado hidrogeno 380 pulgadas cúbicas (6954 cm^3) y 416 pulgadas cúbicas (7612,8 cm^3). Estas relaciones entre masa y volumen permiten determinar la densidad del hidrógeno cuyos cálculos se presentan en la siguiente tabla

Tabla 11. Densidad del hidrógeno en los experimentos con hierro y carbón

Densidad del hidrógeno. **Experimento 2. reacción de carbón y vapor de agua**	**Densidad del hidrógeno** **Experimento 3. reacción de hierro y vapor de agua**
$Densidad\ del\ H_2 = \frac{13{,}7\ g}{6954\ cm^3}$ $= 0{,}00197\ g/cm^3$	$Densidad\ del\ H_2 = \frac{15\ g}{7612{,}8\ cm^3}$ $= 0{,}00197\ g/cm^3$

En estos experimentos con carbón y hierro se logró dar una descomposición del agua y composición o formación de un oxido, en el siguiente experimento se realizará un experimento de composición del agua a partir de dos gases.

CUARTO EXPERIMENTO. RECOMPOSICIÓN DEL AGUA.

En este gráfico 19 se evidencia el esquema del laboratorio y la disposición de los elementos descritos que dan lugar al experimento de composición del agua.

Gráfico 19. Lavoisier y el montaje de composición del agua

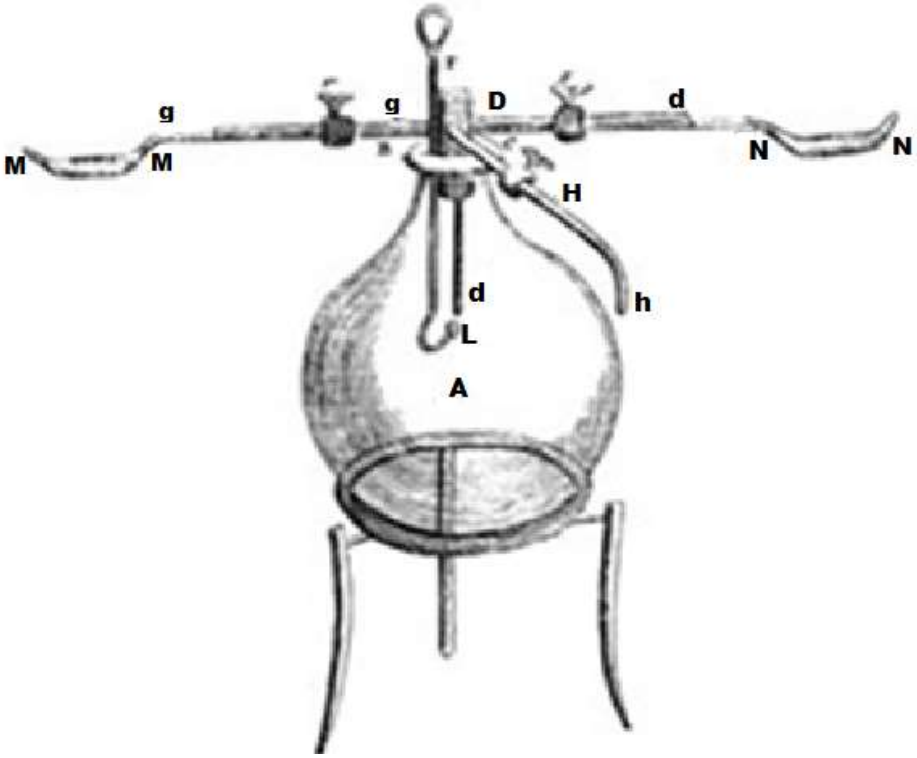


Fuente: Lavoisier (1789) Tratado elemental de química

Este experimento de recomposición consiste en que a partir de los gases hidrógeno y oxígeno que han sido obtenidos después de la descomposición del agua, se vuelva a obtener agua en estado líquido. Para esto, se obtienen y almacenan tanto hidrógeno como oxígeno por separado, y luego se introducen en un recipiente o balón al vacío, al introducir cada gas se tiene en cuenta sus proporciones en el interior y al final de esto mediante la interacción eléctrica de los gases, las chispas de electricidad al interior del recipiente se comienzan a obtener gotas de agua que llenan la base del recipiente.

Partes del montaje experimental

Gráfico 20. Partes del montaje experimental de composición del agua



Fuente: Lavoisier (1789) Tratado elemental de química

Tabla 12. Partes del montaje experimental de composición del agua

TUBO	EXTREMIDADES	FUNCION
Hh		Permite extraer todo aire del balón para dejarlo vacío
gg	**MM**	Permite introducir oxígeno al balón **A**
Dd	**NN**	Permite introducir hidrógeno al balón **A**
L		Conduce la electricidad para generar una chispa de **L** a **d**

Descripción del montaje

Este montaje del gráfico 20 tiene básicamente cuatro tubos, el primer tubo **Hh**, cuya función es dejar el balón **A** vacío; el segundo tubo **gg** cuya función es introducir el oxígeno al balón tiene ingresándolo al tubo por la extremidad **MM;** el tercer tubo que se comunica con una reserva de gas de hidrógeno y mediante este se ingresa el gas al balón; por último el cuarto tubo **L** por el que se hace circular una corriente que permite generar una chispa de este tubo al extremo d de un tubo. Como se puede apreciar

estos cuatro tubos se ingresan por un núcleo de cobre con cuatro agujeros para introducir cada tubo que se comunica con el balón A. Cuando se logra tener este montaje, para ingresar el gas y regular su entrada y salida hay llaves de paso en los tres primeros tubos.

Ingresar el hidrógeno y el oxígeno al recipiente es una tarea que requiere precisiones a nivel experimental, dado que los gases no se disuelven en algunas sustancias se utiliza una solución de potasa o cales para taponar las intersecciones y evitar que se escape alguno de estos gases. Teniendo esto dispuesto se introduce el hidrógeno y oxígeno en el balón y se regula su entrada mediante las llaves de paso. Al tener cierta cantidad en el interior, se hace circular corriente eléctrica para formar una chispa al interior del balón, y de este modo luego de la descarga se comienzan a formar gotas de agua.

Al realizar el experimento se conoce la cantidad de gas empleado y la cantidad de agua formada al pesar el balón antes y después del experimento. Lo que se encuentra es que la cantidad de gas empleado formado de x cantidad de agua luego de que se ha recompuesto es la misma cantidad, en otras palabras se conserva la masa. "*Por una operación de este tipo, señor Meusnier ha comprobado que requirió 85 piezas de peso de oxígeno, unido a 15 partes de hidrógeno, para componer 100 partes de agua. (Lavoisier, 1789)"*

Cuando se habla de piezas de peso, lo que interpreta es que es una unidad para comparar la masa de cada gas y del agua, esta unidad puede ser arbitraria y depende de la masa exacta de cada unidad o pieza; si consideramos cada pieza de peso como un gramo, se concluye que por cada 100 gramos de agua, 85 son de oxígeno y 15 de hidrógeno.

Aspectos relevantes del experimento

- Sobre el agua: el agua no es una simple sustancia que se compone de hidrógeno y oxígeno, sino que estos elementos cuando aún no son separados y están en la forma de vapor de agua, tienen una fuerte afinidad, en la temperatura común y presión de nuestra atmosfera.

- *Ninguna sustancia puede suministrar un producto más grande que su masa original (Lavoisier, 1789)*

Los experimentos en este capítulo demuestran, que, cuando se descompone el agua, se produce hidrógeno y que, cuando el hidrógeno se combina con el oxígeno, se produce agua: por lo que podemos decir, con igual verdad, que se produce agua del hidrógeno, o hidrógeno se produce de agua.

Implicaciones para realizar este experimento en la escuela

Son varios los requerimientos para poder realizar este experimento, y observar las partes y proporciones de cada gas que componen el agua, sin embargo, como otros experimentos ya no se suministró calor, sino con electricidad es posible obtener de estos gases el agua, y analizar la forma en que se combinan, es por esto que resulta interesante indagar en experimentos como los planteados por Faraday donde descompone el agua y vuelve a componer por acción de la electricidad. Aunque los resultados presentados en este último experimento de Lavoisier no son sencillos de hacer si se pueden obtener a partir de los siguientes experimentos.

EXPERIMENTOS DE FARADAY SOBRE LA DESCOMPOSICIÓN Y COMPOSICIÓN DEL AGUA POR ELECTRICIDAD - SEGUNDA PARTE

En todo el recorrido de los experimentos del agua planteados por Lavoisier, donde se descompone el agua gracias a interacciones entre esta y algunos elementos, se puede concluir que el agua está compuesta de hidrógeno y oxígeno, sin embargo estudiar estas proporciones es decir cuántas partes de masa de hidrógeno y oxígeno forman una parte de agua, si bien se adelanta con el último experimento. Hay otras maneras obtener estos gases y recomponerlos nuevamente para formar agua con métodos más sencillos; como los que plantea Lavoisier. Por ello la pertinencia de indagar en estos experimentos además de explorar la forma de interpretarlos y pensarlos.

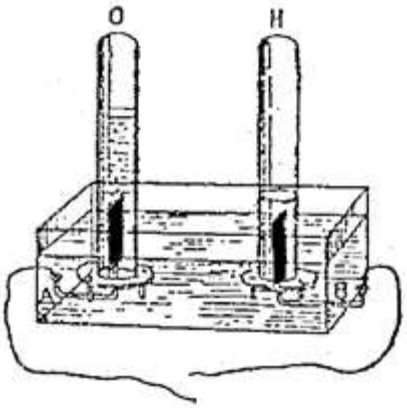
A continuación, se presenta dos experimentos de los trabajos de Faraday (1839) en su libro Las Fuerzas de la Materia, uno consiste en la descomposición del agua y los gases producidos, y el otro en su recomposición por una tensión eléctrica o chispa.

QUINTO EXPERIMENTO. DESCOMPOSICIÓN DEL AGUA POR MEDIO DE ELECTRÓLISIS.

Este experimento se descompone el agua por medio de electricidad, un aspecto interesante de este montaje es la facilidad con la que se puede realizar. Además de poder dar cuenta de la descomposición es posible medir la cantidad de gas que se produce y determinar su masa.

Sobre el montaje

Gráfico 21. Montaje proporciones de volumen de la electrólisis



Fuente: Faraday (1839) Las fuerzas de la materia

Como se muestra en el gráfico 21, descomposición por electrólisis, el montaje consta de un recipiente cuadrado o cubeta, dos cables conectados a dos electrodos y dos tubos de ensayo que sirven para almacenar el gas producido en cada electrodo. Para producir el hidrógeno y oxígeno en cada recipiente es necesario que circule una corriente eléctrica para ello se conectan los cables a una batería, pero además de esto el recipiente cuadrado debe llenarse con una solución de agua y sal[8]; para que se pueda dar el paso de la electricidad y se comiencen a formar burbujas de gas en cada electrodo, burbujas ascienden por el tubo y se acumulan en su parte posterior.

Luego de realizar este experimento donde el agua se descompone en dos gases se obtienen los siguientes datos descritos en la tabla 12:

[8] Solución salina de 0,1%p/v o sea 0,1 g de sal o cloruro de sodio en 100 mL de agua, ya se evidencia la electrolisis pero si se aumenta las cantidades de sal se observa más rápidamente.

Tabla 12. Variaciones del montaje de electrólisis

Variaciones en el montaje	Resultados
Batería	Independiente del voltaje de la batería que se conecte a este montaje la cantidad de gas que se produce en cada electrodo se da en una relación volumétrica de 2 a 1, siendo la mayor proporción de volumen para el hidrógeno y luego el oxígeno.
Electrodos	Cuando los electrodos son metales se presenta una oxidación de los metales que cambia la proporción de gas producido sin embargo cuando los electrodos son de un material inerte o que no interactúa con hidrógeno u oxígeno la relación volumétrica de 2 a 1 se mantiene.
Solución electrolítica	Cuando se coloca agua con sal es posible observar el fenómeno de descomponían del agua gracias al burbujeo o gas producido, pero si se coloca agua destilada no se observa ningún efecto de descomposición.

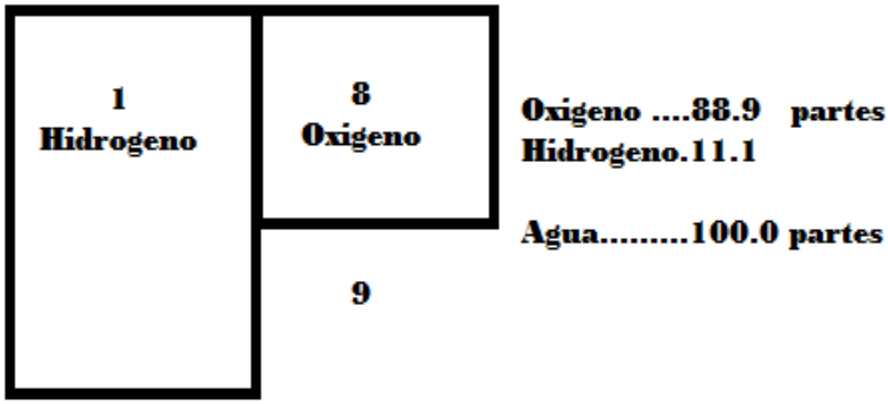
Uno de los centros de interés cuando se observa la descomposición se orienta a detectar o identificar los gases que se producen para ello se realizan pruebas con fuego, El gas que proviene del tubo **H**, a la llama de una cerilla, arde encendiendo el gas y produce una explosión ruidosa este gas se denomina Hidrógeno, mientras que el gas producido en el tubo **O** es denominado oxígeno, y sustenta vigorosamente la combustión, es decir que aumenta el volumen de la llama. Ninguno de los dos gases es agua sola, pero provienen de esta.

Proporciones de los gases

Faraday al examinar las proporciones de los gases también mide la cantidad de masa de gas producido en cada tubo, y al pesarlo encuentra una relación de peso de 1

grano[9] de hidrógeno por 8 granos de oxígeno.

Gráfico 22. Partes de hidrógeno y oxígeno en el agua



Fuente: Faraday (1839) Las fuerzas de la materia

Por cada 100 partes de agua hay 88,9 partes son de oxígeno y 11,1 hidrógeno. En relación a los pesos obtenidos Faraday pesa el vapor de agua el oxígeno, hidrógeno y obtiene los siguientes resultados:

Tabla 13. Masa y volumen de hidrógeno, oxígeno y agua

Hidrógeno	46.2 pulgadas cúbicas (757,079 cm^3)	1 grano (0,06 gramos)
Oxígeno	23.1 pulgadas cúbicas (378,539 cm^3)	8 granos (0,48 gramos)
Agua (vapor)	69.3 pulgadas cúbicas (1.135.618 cm^3)	9 granos (0,54 gramos)

Las relaciones de peso entre los gases independientemente de la porción de agua que se descomponga es de 1 a 8, esta proporción corresponde con el peso exactamente del vapor de agua presentando una equivalencia y conservación de la masa.

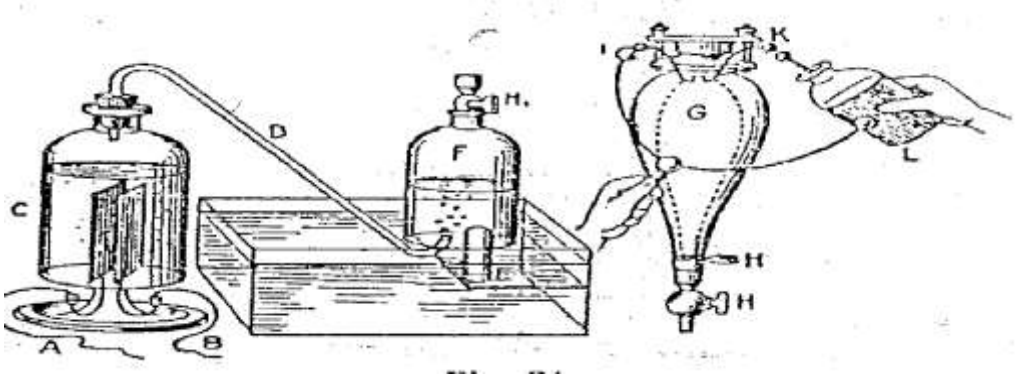
[9] El grano es una unidad para medir la masa que equivale a 0,06 gramos.

La explicación de Faraday: *El agua se compone de dos clases de partículas que se atraen mutuamente en una forma muy diferente a la de la gravitación o de la cohesión. A esta nueva fuerza la llamaremos afinidad química o fuerza de la acción química entre diferentes cuerpos […] la afinidad química depende por completo de la energía con la cual partículas de diferentes especies se atraen mutuamente. Faraday (1839:75)*

SEXTO EXPERIMENTO. SOBRE LA DESCOMPOSICION Y RECOMPOSICIÓN DEL AGUA.

En este experimento Faraday realiza una recomposición del agua, se diseña un montaje diferente al anterior, en este montaje se usan dos recipientes C y F, se coloca una cierta cantidad de agua en el recipiente C y en su interior cual se colocan dos metales del mismo tipo que se conectan a las terminales A y B que van a una batería en su polo positivo y negativo, respectivamente. Los gases producidos se conduce por el tubo D, y lleva a un recipiente F, el cuales enfriado para hacer que el gas producido se convierta nuevamente en estado líquido.

Gráfico 23. Montaje para la recomposición del agua



Fuente: Faraday (1839) Las fuerzas de la materia

Como se muestra en el gráfico 23 el hidrógeno y oxígeno es conducido por el tubo D, pero al enfriar este gas, este no se convierte en líquido de lo que se concluye que este gas no es vapor de agua, además de que el gas es combustible cuando se acerca a una cerilla cosa que con el vapor de agua no ocurre. Por ello se idea un segundo aparato o recipiente G donde se busca identificar las propiedades del oxígeno e hidrógeno producido con la electrólisis.

El recipiente G, se llena con el hidrógeno y oxígeno, cuando se conecta la salida H, del recipiente F, con la entrada H del recipiente G. luego de que se introduce el gas en el recipiente G, con una botella de Leyden se hace una descarga eléctrica con la que se producen chispas de un extremo de la conexión L y K. El efecto producidos luego de las chispas y su interacción el hidrógeno y oxígeno es la formación de gotas de agua es decir se recompone el agua.

La proporción de gotas en relación al gas que se deposita en el recipiente G al parecer se presenta en pocas cantidades dado que el cambio de fase de un gas en líquido según Faraday se da en esta relación, a una gran cantidad de gas le corresponde poca cantidad de agua.

Aspectos relevantes del experimento

Para conocer la composición es necesario realizar una descomposición donde se especifique que el agua no es una simple sustancia sino que se compone de hidrógeno y oxígeno, estos son considerados elementos químicos que demuestran en este experimento que se descompone el agua, y que cuando el hidrógeno se combina con el oxígeno, se produce agua.

Implicaciones para realizar este experimento en la escuela

Son varios los requerimientos para poder realizar este experimento, y observar la descomposición del agua junto con las proporciones de cada gas que componen el agua, sin embargo, es necesario suministrar electricidad para que sea posible obtener estos gases del agua, y analizar la forma en que se combinan, es por esto que resulta clave realizar diversas pruebas. Como se puede evidenciar en los anteriores experimentos las proporciones de volumen de gas hidrógeno en un litro es equivalente por su densidad a 0,08 gramos ni siquiera alcanza a un gramo y dado que por experimentación 40 ml de gas hidrógeno se alcanzan a producir en 4 horas y con voltaje de 25 voltios. Se trató de realizar el almacenamiento de estos gases en un embudo de Gibson de 100 mL pero dado que no es fácil en la escuela contar con una bomba de vacío se utilizó una pera de succión pero las condiciones de aislamiento no se lograron o los gases ingresados y almacenados en el recipiente ocupaban una

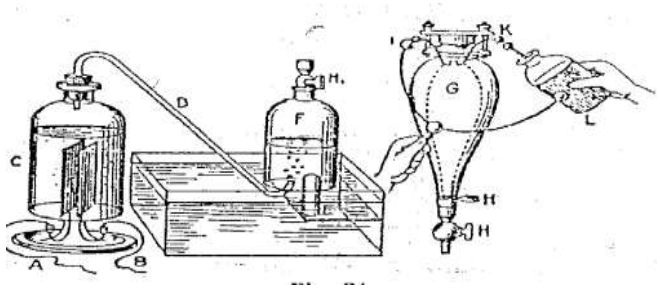
pequeña parte y este es muy grande, el todo es que no se logró evidenciar la producción de agua. Se decidió cambiar el embudo por un tubo en T en donde en dos entradas se conectó mangueras del voltámetro de Hoffman y en la 3 se introducen los cables que generan la chispa.

En cuanto a la elaboración de un sistema que genera la chispa primero se intentó realizar con la llama de una vela, cerilla o bricket pero no daba el carácter continuo y ocasionaba otro tipo de inconvenientes. Es así que se decide construir con un generador de alta tensión conectado a dos pilas AA y a dos cables que generan la chispa. Con este sistema se logró evidenciar la producción de microburbujas en las paredes del tubo T, lo que permite hablar de composición del agua.

Especificación del montaje de composición

A continuación se presentan dos imágenes donde se observa las modificaciones que se proponen para que se pueda realizar en la escuela:

Tabla 14. Montajes de Faraday y propuesto sobre recomposición del agua

Montaje de Faraday	**Montaje propuesto**
	
Materiales	**Materiales**
Se usan dos recipientes C y F, se coloca una cierta cantidad de agua en el recipiente C y en su interior cual se colocan dos metales del mismo tipo que se conectan a las terminales A y B que van a una batería en su polo positivo y negativo, respectivamente. El gas producidos se conduce por el tubo D, y	Recipiente C/ equivalente al voltámetro de Hoffman Electrodos de Pt/ equivalente a electrodos de grafito Terminales A y B/ equivalente a

lleva a un recipiente F, el cuales enfriado para hacer que el gas producido se convierta nuevamente en estado líquido. El recipiente G, se llena con el hidrógeno y oxígeno, cuando se conecta la salida H, del recipiente F, con la entrada H del recipiente G. luego de que se introduce el gas en el recipiente G, con una botella de Leyden se hace una descarga eléctrica con la que se producen chispas de un extremo de la conexión L y K.	cables caimán caimán Batería/ equivalente a fuente de 25 Voltios Llave H/equivalente a las llaves del voltámetro de Hoffman Recipiente G/equivalente al tubo T Botella de Leyden (L) con los cables I y K/ equivalente al generador de alta tensión unido a 2 pilas AA y dos cables que generan una chispa en la boca del tubo T.

Criterios experimentales

- La descomposición del agua se da en primer lugar por una descomposición eléctrica del agua en hidrógeno y oxígeno.
- Para que haya una descomposición del agua mediante una reacción es necesario la presencia de un electrolito es decir un compuesto iónico como una sal o un ácido, que favorezca el proceso de conducción eléctrica en el agua.
- Debido a la presencia de la corriente eléctrica continua y un electrolito es posible descomponer el agua en hidrogeno y oxigeno que en el experimento 5 se caracterizaron algunas de sus propiedades que permiten considerarlos a cada uno elementos químicos.
- La chispa hace posible que se desencadene la reacción entre el hidrógeno y oxígeno para que se generen unas microburbujas en las paredes del tubo T y es también está un indicador de que la reacción se lleva a cabo ya que se evidencia un rápido cambio de color en la chispa a un amarillo azulado.

En este capítulo se retomaron fragmentos de algunos científicos como Lavoisier y Faraday analizar 6 experimentos en los cuales se hace evidente la importancia del agua como objeto de estudio para analizar los cambios de estado, la descomposición y composición del agua además del manejo de variables como la masa y volumen para dar cuenta de la ley de conservación de la materia propuesta por Lavoisier en la que se

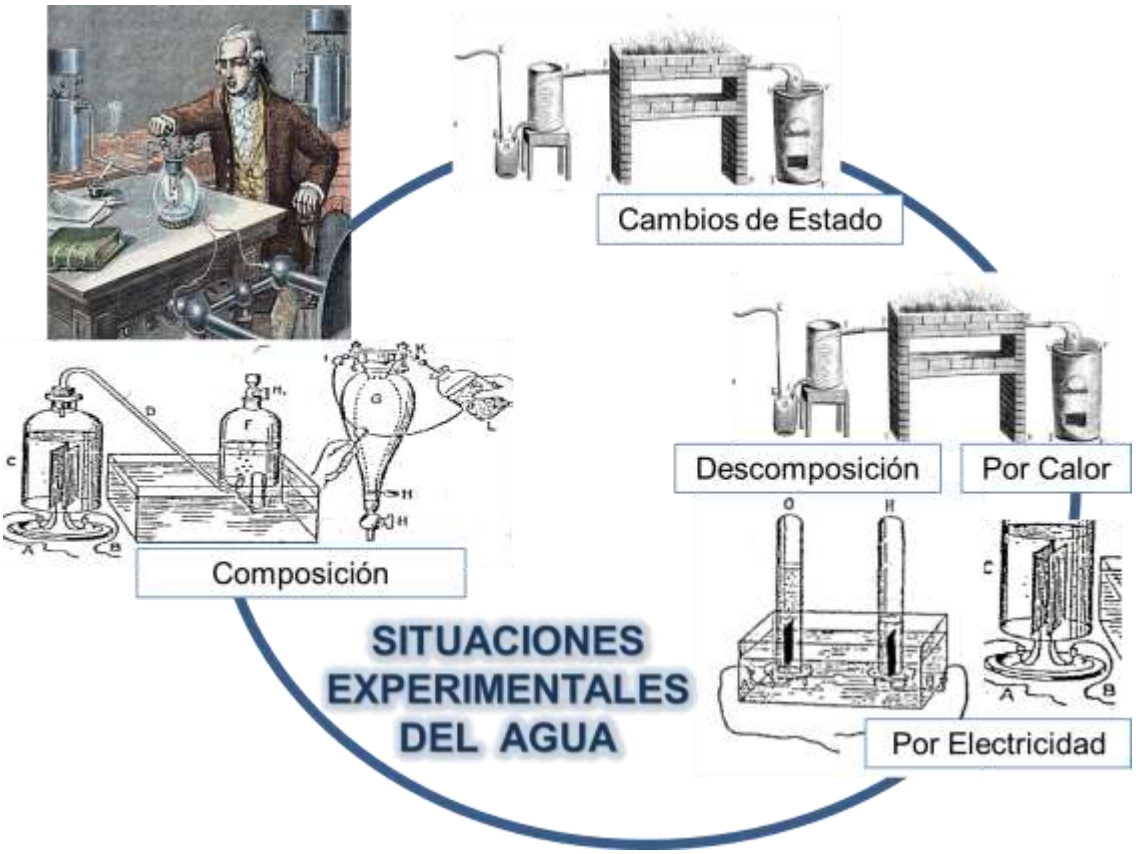
habla que debe haber la misma masa al inicio y al final. Los fragmentos que se seleccionan son pertinentes para derivar análisis y estrategias a nivel experimental, conceptual y de su enseñanza. También se muestran un comparativo de los montajes que proponen Lavoisier y Faraday y en contraposición el montaje que se propone.

Por esta razón, es importante considerar en el capítulo IV que, la escuela requiere que el maestro proponga situaciones experimentales para que los estudiantes realicen prácticas de descomposición y composición orientadas donde se considera necesario experimentar para ello se explica la estructura de las guías en las cuales se divide en la descripción de 3 momentos y en las preguntas orientadoras para cada experimento.

CAPITULO IV: ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE LA INTERVENCIÓN DE AULA - EXPERIMENTEMOS CON EL AGUA

En este capítulo se describe, los sentidos que orientan la propuesta de aula, la estructura de la propuesta, algunas especificaciones sobre su aplicación, y finalmente el análisis de la misma desde unos aspectos teóricos de la lectura e interpretación de Bachelard y algunos aspectos sobre la composición y descomposición del agua en Lavoisier y Faraday.

Gráfico 24. Experimentos sobre la composición y descomposición del agua en Lavoisier y Faraday.



Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) y Faraday (1839)

SENTIDOS QUE ORIENTAN LA PROPUESTA

En la enseñanza de la química los conceptos de sustancia y elemento son importantes al comenzar un estudio de esta ciencia. A nivel del bachillerato cuando se abordan estos conceptos los estudiantes tienen experiencias organizadas que les permiten hablar de estos términos, no obstante enriquecer esas ideas y formalizarlas con experimentos dirigidos es una oportunidad que desde este trabajo se propone. Acá los fenómenos son el objeto de estudio para pensar en las ideas de composición, descomposición y elemento químico. Así, se proponen experimentos con una interdependencia y donde cada uno es a la vez un nuevo fenómeno que configura un entramado de significados y datos para pensar en los elementos y las sustancias desde su composición y descomposición.

El papel del experimento en este trabajo es fundamental, como docente de química se considera que estudios como este permiten al docente posicionarse para proponer rutas donde los estudiantes pueden cuestionarse sobre lo que piensan y dicen de los conceptos, frente a este punto una de las estudiantes dice:

> *Desde mi punto de vista y lo que pudimos evidenciar con los laboratorios que tuvimos durante el periodo que para poder asegurar que una idea sea verdadera primero que todo debemos por nuestra cuenta experimentar para estar seguros que esta idea sea verdadera o falsa, como cuando experimentamos con el agua pudimos ver los cambios de estado, y también formamos unas sustancias y ahora podemos afirmar que esto en realidad si lo podemos hacer, gracias a los experimentos y las enseñanzas dadas en clase. (E5)*

Cuando los estudiantes cuestionan sus propias ideas y experimentan, es distinto a comprobar lo que dicen las teorías con un experimento. Es una actitud diferente a las prácticas usuales de laboratorio, y esto se debe a la manera en que se propone el experimento y se concibe su rol.

El rol del experimento en este trabajo se centra en el estudio de fenómenos, esto es "aquello que aparece a la conciencia, sin ocultar nada en absoluto" Malagón (2011) afirma que la conciencia es un profesor que tiene una estructura mental, una historia social, que hace que este interprete piense o actúe de cierta manera, contextualizando

estas afirmaciones al campo educativo. El fenómeno en la escuela puede ser pensado como una situación, un experimento o un evento dado, en el cual los estudiantes desde su historia, saber y estructura mental, observan y hablan de lo que se presenta ante ellos, esto que se presenta- en química puede ser una reacción, unos efectos en la materia, unos montajes experimentales con ciertas disposiciones y frente a esto cada sujeto según sus experiencias y lo que conoce, piensa el fenómeno. Para ser más claros, en un experimento por ejemplo de electrolisis, Faraday, Lavoisier y Avogadro, no observarían lo mismo. Faraday en su momento investigó las relaciones entre la corriente eléctrica y los gases hidrógeno y oxígeno que se producen al aplicar corriente eléctrica al agua, mientras que Lavoisier podría pensar que frente a los mismo efectos buscaría determinar cómo se presenta la conservación de la masa en este proceso, por ultimo Avogadro hablaría de relaciones de volúmenes y numero de moléculas presentes; aunque para todos sea el mismo evento los mismo objetos y los efectos; lo que se evidencia es distinto, esto depende de las organizaciones ya realizadas a nivel de experiencia y de lo que le interesa a cada cual observar e investigar.

Para dirimir el problema de que todos los estudiantes observen fenómenos totalmente distintos cada experimento trae de fondo unas intenciones que se orientan a partir de las preguntas que se formulan en cada uno de los experimentos. Estas preguntas se incluyen al momento de diseñar las guías. Así, se busca que todos se enfoquen en enriquecer los fenómenos objeto de estudio, con unos problemas compartidos. Esta es una estrategia para enfocar los sentidos que toman el fenómeno y las observaciones.

El recurso principal para estudiar los fenómenos asociados con la composición y descomposición, en relación a los elementos y las sustancias, se proponen a partir del análisis del capítulo anterior, donde se abordaron cinco experimentos; para llevarlos al aula se seleccionaron algunos de ellos, se modificaron sus montajes para ser estudiados en la escuela, y posteriormente se crearon una serie de guías con preguntas con la intención de cuestionar y de promover las descripciones acerca del comportamiento de las sustancias y de los elementos desde la comprensión de la composición y la descomposición.

Las descripciones en cada uno de los experimentos se consideran deben partir no de imposiciones teóricas previas, sino de lo dado, es decir de lo más evidente de la descripción de efectos y gradualmente se va problematizando la forma de concebir las sustancia y los elementos al explicar las interacciones observadas de composición y descomposición. De este modo, el eje central de los experimentos es la caracterización de los efectos, las condiciones de producción de los efectos, las explicaciones de una clase de fenómenos, todo desde un estudio donde se proponen unas interacciones entre una sustancia y diferentes elementos, así como interacciones de naturaleza eléctrica; esto se detalla en la descripción de la propuesta.

Las actividades de la propuesta incluyen lecturas, situaciones hipotéticas, preguntas y un trabajo experimental. Pero lo que más se destaca es la estructura lógica en la que se proponen cada uno de los experimentos. En cada uno de ellos, hay una concatenación entre uno y otro, donde los estudiantes formulan una serie de ideas y al mismo tiempo desarrollan unas técnicas en el ensamble de los montajes y la producción de efectos. No solo el fenómeno y su organización es importante, lo es también la técnica es decir ese conocimiento práctico que se pone en juego para producir un determinado campo de fenómenos, no basta con observarlos y describirlos también es importante producirlos, es a esto a lo que apunta Bachelard cuando retoma para el estudio de la ciencia el termino, fenomenotecnia.

> *Bachelard usó por primera vez esta voz – en francés, phénoménotechnique – en un breve artículo sobre "Noúmeno y microfísica" (NM, 1931/32) para referirse a un rasgo, según él característico, de una rama de la ciencia moderna: "La ciencia atómica contemporánea es más que una descripción de los fenómenos, es una producción de fenómenos" (Ét., 24)*

De acuerdo a lo anterior, acá se atribuye una prioridad a las ideas logradas, pero también se destaca las técnicas empleadas en la producción de efectos así como en su verbalización.

Además de los alcances que se esperan encontrar con la propuesta, el eje central del trabajo es la reflexión y análisis que como docente de química se hace de las descripciones de los estudiantes, pero también consiste en realizar un ejercicio de

profundización teórica, en la perspectiva de enriquecer y hacer más significativos los procesos de construcción de ideas sobre el químico, y su relación con la composición y descomposición, y a propósito de esto derivar criterios para la enseñanza de los elementos químicos.

ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA

La propuesta experimentemos con el agua, en primer lugar aborda el estudio de fenómenos asociados a la composición y descomposición del agua en un trabajo experimental, donde se proponen unas intencionalidades que orientan a cada actividad; en una organización en la que cada experimento se enlaza uno con otro, y donde lo que se dice del fenómeno no es impuesto de antemano bajo una teoría desde la que se suscite a hablar, sino que el sujeto habla desde su saber y desde las experiencias que organiza en la propuesta, así define una manera de hablar de los fenómenos.

Las actividades experimentales, siguen una secuencia cuyo horizonte se direcciona con las preguntas propuestas por la maestra y por los estudiantes, y donde los elementos químicos son obtenidos en prácticas de laboratorio, no se muestra sobre los mesones del laboratorio los elementos y los estudiantes los describen, sino que con una serie de aparatos y técnicas se producen y alrededor de esto se construyen experiencias para estudiar los elementos: hidrógeno y oxígeno presentes en el agua. Se proponen situaciones donde estos elementos se separan al descomponer el agua en dos gases, o se unen para formar gotas de agua, situaciones donde estos elementos interactúan con otras sustancias en un proceso donde se presenta composición y descomposición; y a lo largo de estas situaciones se describen propiedades y se configuran formas de hablar de los elementos y las sustancias.

Actividades de la propuesta de aula

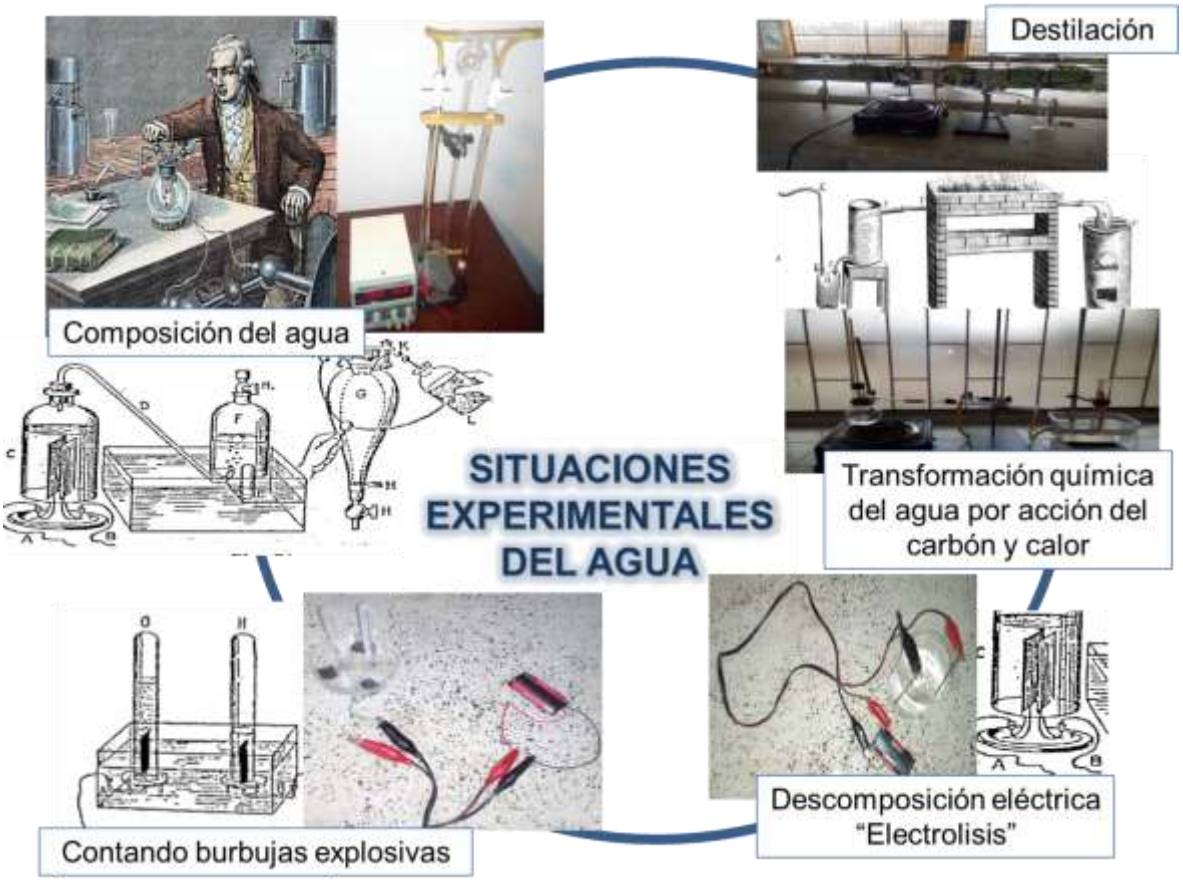
Intención de la propuesta: Derivar criterios para la enseñanza de los elementos químicos desde el análisis de las descripciones de una serie de experimentos sobre composición y descomposición del agua, y reflexionar cómo aporta este tipo de trabajos en la forma de proceder del maestro de química.

Estrategia metodológica de la propuesta de aula

En la propuesta de aula se llevan a cabo actividades en las que se presentan diferentes situaciones que los estudiantes describen y explican, además de crear momentos de experimentación donde se ponen en juego los supuestos que elaboran, en este proceso el reconocimiento de la interrelación de los diferentes momentos del fenómeno aporta a las elaboraciones de los estudiantes.

Para desarrollar el proceso de análisis e interpretación de la propuesta de aula, se consideró para cada una de las actividades un proceso de recolección, análisis de registros, y al final una síntesis que recoge las construcciones que los estudiantes.

Gráfico 25. Experimentos de Lavoisier, Faraday y propuestos sobre la composición y descomposición del agua



Fuente: Propia a partir de Lavoisier (1789) y Faraday (1839)

Población

Esta propuesta se dirige a estudiantes de grado 10° del Colegio I. E. Rural Departamental Cacicazgo de Suesca, municipio de Cundinamarca, se implementó la propuesta en dos cursos es decir a 37 estudiantes, los cuales fueron distribuidos en 10 grupos de trabajo, 5 grupos por cada curso.

FASES DE LA PROPUESTA

Tabla 15. Fases de la propuesta experimentemos con el agua.

Fase	Actividad	Propósito
Cambios de estado del agua	Origen del agua	Identificar el origen que se tiene del agua a propósito de una lectura.
	Destilación	De forma experimental definir y describir las características del agua durante la destilación, así como de la conservación.
Descomposición del agua	Transformación química del agua por acción del calor	Proponer un experimento donde el agua se descompone por su interacción con un elemento químico, para describirlo y detallar las condiciones de producción de los efectos.
	Descomposición eléctrica “Electrolisis”	Determinar la composición del agua, y comenzar a discretizar el carácter homogéneo del agua.
	Contando burbujas explosivas	Medir el volumen de los gases generados en cada electrodo a partir de la descomposición del agua.
Composición del agua	Composición del agua	Recomponer el agua luego de realizar la electrólisis.
Descomposición y Composición del agua. Idea de elemento químico	Reflexiones sobre la descomposición y composición del agua.	Reflexionar sobre el trabajo realizado a nivel experimental y concluir las ideas construidas tanto de los elementos y las sustancias como de la composición y descomposición.

La propuesta se puede encontrar en el anexo 2 donde el lector puede apreciar las preguntas, procedimientos y demás precisiones de los experimentos.

Cada experimento que se propone viene acompañado de una guía que se diseña en un modelo flexible donde no hay una teoría de antemano para interpretar los experimentos, sino una serie de procedimientos y preguntas abiertas, que buscan la descripción detallada de los diferentes momentos en los que cada experimento se realiza. En la guía aparecen unos recuadros con tres momentos en los que el grupo de estudiantes debe definir que describir en cada uno de ellos, esto implica dividir la experiencia en tres momentos. Por otro lado, luego de los momentos hay unas preguntas para comenzar a organizar comprensiones sobre la composición y descomposición del agua y realizar descripciones detalladas. Desde la primera experiencia hasta la última es posible llegar a comprender:

1) Cómo el agua se compone de hidrógeno y oxígeno desde la organización de experiencias.
2) En qué condiciones se produce la destilación, la electrólisis, la descomposición y composición del agua.
3) Qué cada parte del experimento es un todo con unos momentos en los que se observa diferentes aspectos del fenómeno.
4) Qué diferentes fenómenos permiten asociarse unos con otros para hablar de un mismo objeto de estudio, el agua, pensada en un proceso de composición y descomposición; unas veces por acción del calor otras por acción de la electricidad.

Esta propuesta lleva a un estudio de los elementos químicos desde la composición y descomposición, la idea es que los estudiantes construyan relaciones de los elementos, las sustancias especialmente del hidrógeno y oxígeno, así como del agua. En cuanto al aporte que brinda a la docente busca ser un recurso de análisis para realizar aportes a la enseñanza de los elementos químicos orientados en procesos experimentales de descomposición y composición, así como a la reflexión del quehacer docente.

ANÁLISIS DE LA PROPUESTA

El análisis en cada una de las actividades planteadas parte de una organización de ideas de los estudiantes en relación a un aspecto teórico, cada testimonio o dato, se clasifica y posteriormente se interpreta determinando similitudes en los testimonios, los aspectos que priorizan en el experimento, en las descripciones y explicaciones.

A continuación se presenta el análisis de las actividades:

1. Lectura Sobre el origen del agua
2. Experimento 1: Destilación
3. Experimento 2: Trasformación del agua por acción del calor.
4. Experimento 3: Electrólisis
5. Experimento 4: Contando burbujas
6. Experimento 5: Composición del agua
7. Escrito sobre composición y descomposición del agua. (reflexión)

Gráfico 26. Experimentos propuestos sobre la composición y descomposición del agua



Fuente: Propia

Sobre el análisis de los experimentos

En las actividades experimentales se analizan dos partes, la primera es el análisis de los tres momentos de la propuesta:

En cada experimento de la propuesta hay tres momentos, cada uno de los grupos de trabajo deben definir qué describir del experimento. En la guía se puede encontrar en la primera página unos procedimientos e información sobre el experimento a realizar, luego hay tres espacios en blanco de los cuales cada grupo tiene la tarea de definir cómo comenzar la descripción del experimento por momentos.

En el momento 1 se suele definir en qué parte de todo el procedimiento comienza el experimento, también se describen los primeros efectos observados o las condiciones para qué el experimento se puede llevar a cabo, de este modo se habla de los materiales y su disposición, de unas variables a tener en cuenta o de cantidades de sustancia.

En el momento 2, es cuando más afinan la descripción y donde ponen en juego qué observan durante la realización del experimento, allí se establece las variables a tener en cuenta, los cambios y una serie de frases en las que se establecen relaciones e ideas sobre las sustancias o elementos; y en el momento 3 describen que se obtiene al final, es algo así como una conclusión del experimento.

Lo que en realidad diferencia cada momento en los experimentos es la habilidad con la que realizan los montajes los estudiantes y las descripciones que cada vez se enriquecen un poco más a propósito de la comprensión de las sustancias y los elementos, para el análisis de esta parte de las guías, vale la pena resaltar los términos y frases que usan para destacar dos cosas:

1) Los aspectos que priorizan en la descripción del experimento

2). Las ideas que reflejan comprensiones sobre las sustancias, los elementos, la composición y la descomposición, frases que establezcan relaciones. Pero también las dificultades o ventajas en la realización del experimento.

Luego de los momentos se analiza una segunda parte donde primero se muestra algunas preguntas con las intenciones propuestas con cada pregunta de la guía, para

finalizar se analizan los testimonios que responden a cada pregunta, algunos se organizan por tendencias y se analizan, y otros por el contrario se usan para destacar algunos aspectos que se consideran relevantes para los procesos de descripción en relación y comprensión de los elementos químicos.

Luego de que se realiza el análisis experimento a experimento se muestran unos criterios para la enseñanza de los elementos químicos derivados de este análisis.

LECTURA SOBRE EL ORIGEN DEL AGUA

Esta es la primera actividad, en la lectura que se propone del origen del agua, se busca que los estudiantes expresen las ideas que tienen sobre el agua, en particular sobre su origen. Si bien reconocemos que el agua es una sustancia de uso cotidiano, no podemos asumir que tengamos claridad sobre su condición de sustancia compuesta o menos aún de su comportamiento químico sin un previo estudio. En este sentido, es relevante identificar los aspectos que los estudiantes señalan cuando se pregunta por el origen del agua, frente a esta pregunta se destacan las siguientes organizaciones en las que se clasifican las afirmaciones de los estudiantes

Tabla 16. Sistematización sobre la lectura del origen del agua

Tendencia	Testimonios	Análisis
El agua como un principio de liquidez, siempre ha existido en estado líquido y no cambia.	*En el centro de la tierra siempre hubo agua y salió a la luz gracias a una erupción y por el cambio de clima se creó.* *La tierra forma una gran humedad y así hace evaporación sobre el suelo creando el agua para los océanos y ríos*.	Hablar del origen del agua se suele vincular con el hecho de describir sus propiedades y de alguna u otra manera decir de donde surge o se encuentra.
El agua no es necesario cuestionarla desde la cotidianidad, se	*El origen del agua cuando abrimos los grifos de la cocina, muchas veces sabemos que proviene de los ríos y de las lluvias y que de ahí dio lugar a*	Su origen se piensa como una sustancia que ya estuvo formada desde los comienzos, como latente en el centro de la tierra hasta que hay un cambio en el clima o una situación

presenta de forma homogénea y como algo dado.	*los océanos, la formación de mares y océanos.*	donde se evapora dentro de la tierra para formar mares y ríos. El agua se piensa con la lectura o con otras experiencias de los sujetos como algo que siempre ha existido y que no cambia, en este sentido es inmutable.
Idea de cambio asociado solo a la temperatura sin considerar otras variables termodinámicas	*La formación del agua fue gracias a los meteoritos que llegaron a la tierra y gracias a los volcanes que surgió el vapor de agua.* *De la combinación de hidrógeno, el oxígeno y la electricidad se produce la lluvia***.**	Al agua y su creación se asocia a cambios de fases del agua y especialmente al vapor- la asocian con las nubes de las que sale agua, en realidad no se especifica cómo se origina solo se describen una de sus cualidades y de donde proviene. Una posible explicación de la formación del agua a partir de hidrógeno y oxígeno con la electricidad, se reduce a una afirmación que no se explica a sí misma, aunque usa la palabra combinación esta expresión no necesariamente está asociada una idea de transformación de las sustancias. El detalle y la precisión del lenguaje no se ven como una necesidad para compartir las ideas.
Descripciones solo basado en lo macroscópico sin acudir a lo simbólico.	*Al crearse la tierra, en ella quedaban partículas de hidrógeno y oxígeno que al producirse viento se unían dando origen a gotas de agua.* *Esto ocurre ya que al bajar la temperatura de agua, las moléculas de agua presentes en el vapor se unen y pasan a estado líquido* *El agua se produjo gracias a la unión de dos elementos químicos que se encontraban*	En los testimonios los estudiantes introducen los términos hidrógeno y oxígeno como partículas que al unirse forman agua, por otro lado para otros el agua se entiende como partículas o como moléculas. La lectura permea en el lenguaje de los estudiantes, pero se carece de una precisión de cada término de cómo se entiende la molécula o las partículas.

	presentes en el planeta, como los son el oxígeno y el hidrógeno; durante la creación del sistema solar, sumando los meteoros que llegaron del espacio portando esta molécula bien desarrollada debido a las bajas temperaturas del espacio.	
Descripciones y no diferenciaciones de vapor y gases.	*Por la atmosfera sin adecuación, el agua que se evapora sobre los océanos sube hacia las nubes y a veces se convierte en niebla se condensa luego ocurre el proceso de solidificación y de fusión, cae y vuelve a evaporarse.* *Gaseoso → liquido* *Condensación El gas se enfría y las moléculas dispersas se van comprimiendo muy poco.*	Es necesario destacar que no es claro cómo se entiende la idea de compresión, las moléculas al comprimirse disminuyen distancias entre sí' o las moléculas mismas disminuyen su volumen. Desde Lavoisier al hablar de atracción y repulsión de las moléculas en relación sobre el origen del agua se llega a pensar que esas moléculas que estuvieron en un estado por cambios químicos o físicos podrán volver a esos estados de la materia. Reconocen los procesos cíclicos que sufre el agua en el planeta tierra y los hacen evidentes mediante ejemplos. Hay un acercamiento a la transformación como una serie de reacciones químicas en las cuales se generaron otras sustancias

A continuación se realiza el análisis de 4 experimentos, se va a priorizar como docente la lectura e interpretación de lo que dicen los estudiantes. En términos generales en este análisis se describen las apreciaciones de los estudiantes en cada uno de los momentos y se organizan por tendencias, luego se clasifican las preguntas que se proponen y se muestran las intenciones de cada pregunta, por último se analiza las descripciones de los fenómenos, situados en un rol reflexivo de la práctica docente.

1: Destilación

La lectura sobre el origen del agua consiste en un preludio para lo que viene a nivel experimental trata de algunas perspectivas en las que se origina el agua, hay además algunas preguntas orientadoras para que los estudiantes pongan en juego las ideas que ellos tienen de este origen. Luego de ello viene una sesión donde el agua se destila para describir qué le sucede al agua en los cambios de fase, las propiedades y determinar qué se conserva en el proceso al destilar agua del grifo.

Este experimento de destilación es de vital importancia para el que sigue porque, en este se observa que el agua no reacciona en alguna parte del sistema con algún material, esto garantiza que al interponer una sustancia o elemento en el siguiente experimento, es posible observar una interacción química con el agua.

Esta actividad se divide en tres partes primero se ubican los momentos, luego las preguntas y por último un análisis del fenómeno y su organización.

EXPERIMENTO 1: DESTILACIÓN

Tabla 17. Sistematización de los momentos del experimento de destilación.

Momentos	Tendencias	Descripciones de los estudiantes
Momento 1	Describe las condiciones iniciales para que se produzcan efectos	***El agua contenida en el matraz empieza a evaporarse**. El tubo refrigerante se conecta a una salida donde es emanada agua a baja temperatura.* ***El agua comienza a subir por el tubo refrigerante** para dar comienzo al proceso de destilación.* *Todo comienza cuando **el agua se calienta**.* ***Así el agua no este hirviendo ya se observa vapor**.*
	Describe las variables / cantidades iniciales	*Al inicio teníamos **50 ml** de agua a temperatura de **20°C**.* *En este momento al anclar el balón, empieza a tener una temperatura y se encuentra a 37°C.*
Momento 2	Describe las partes del montaje y que sucede en cada una	*El agua contenida en el matraz de destilación comenzó a ebullir y a evaporarse con una temperatura de 90° c. El vapor comenzó a dilatar el tubo interno del tubo refrigerante, posteriormente así, dicho vapor comenzó a enfriarse y a convertir en agua, de esta manera llenando el*

		beaker a la salida del tubo refrigerante.
	Describe que pasa con el agua con variables	*3,5.9* *El agua comienza a hervir y a los dos minutos empieza a evaporarse con una temperatura de 70°C*
	Describe que cambios presenta el agua	*El balón tomo una temperatura de alta donde empezó a entrar más el agua y a evaporarse y tiene una temperatura de 75°c.* *El agua del balón se evapora y se condensa en el tubo de refrigeración con una temperatura de 83°C, comenzando a evaporarse y al minuto en 90°C Comenzó a hervir el agua.* *El agua comienza a evaporarse a una temperatura de 25°, y el balón comienza nublarse y la temperatura comienza a subir constantemente, a los 13" la temperatura ha llegado a 40°C y a los 45" a 90°C el agua hierve y se evapora el agua.*
	Describen relaciones una relación entre la temperatura, su aumento y lo que le va ocurriendo al agua.	*A 25° se observa que el balón se nubla,* *A 90° el agua hierve y se evapora el agua.* *A 75° hasta 83° ya se observa el vapor que se condensan, y a los 90° el agua hierve.*
Momento 3	Describe una variable para la destilación	*3 minutos después empieza el vapor a conducirse por el tubo refrigerante y empieza a salir gotas de agua, y vemos que el agua empieza a disminuir, 15 minutos después vemos que el tubo refrigerante se empieza a cubrir de gotas.*
	Describe las condiciones para destilar el agua en términos de variables (dos o más variables)	*El vapor comienza a subir y toma un estado gaseoso, y así empieza a bajar por el tubo termina la destilación y empieza salir el vapor presentando una temperatura de 88°C cada minuto cae una gota y en cuatro minutos caen 4 gotas con una* *El agua en su estado líquido comenzó a disminuir y han caído del tubo refrigerante de 8 a 9 gotas de agua (23 min 30seg) y la temperatura se mantiene en 90°C.*

En el momento 1 los estudiantes priorizan diferentes aspectos para dar cuenta en qué momento comienza el experimento: Hay tres aspectos que priorizan, el primero de ellos es tener el montaje de destilación listo, pero además de eso se trata de observar unos cambios iniciales cuando el agua se comience evaporar. Otro de los aspectos que priorizan son las cantidades iniciales de la sustancia, y su temperatura, esto refleja un interés por definir una variables a medir. Cuando no se plantean preguntas los

estudiantes se centran en definir qué aspectos generales permiten que se evidencien cambios en el experimento.

En el momento 2 se centran en gran medida en los cambios que tiene el agua cuando varían las temperaturas, se define a qué temperatura se comienza a evaporar el agua, y a cuál se observa la producción de vapor. Se usan variables como el tiempo, o la temperatura en las descripciones.

En el momento 3 se muestra una sería de razonamientos para explicar los cambios de estado que el agua experimentaba al pasar de un estado gaseoso a líquido, y de líquido a gaseoso. Se habla de una conservación de la materia aludiendo que las masas son iguales al inicio que al final. Por último, en una de las propiedades del agua hacen una determinación del punto de ebullición del agua en los diferentes grupos que da cuenta de esa temperatura de 90°C a la cual se da el cambio de líquido a gaseoso

Luego de los momentos que describen los estudiantes, se responden una serie de preguntas cuyas apreciaciones se organizan en los siguientes apartados

La experimentación y la concepción del agua desde su pureza.

En la destilación del agua de grifo algunos estudiantes le dan relevancia a la pureza que adquiere el agua al final del proceso puesto que observan restos de tierra en el balón donde inicialmente solo había agua. Estas ideas que se deducen de los efectos observados conllevan a los estudiantes a asociar la pureza con el agua destilada.

Otros estudiantes, no le dan relevancia solo al producto obtenido, agua destilada, sino que enfatizan en los efectos observados en el experimento por ejemplo decir que no le ocurre nada al vapor cuando se le acerca la chispa debido a que los componentes del agua no se desintegran, el termino desintegrar muestra que se esperaba algo una reacción que no le ocurrió al vapor en interacción con la chispa.

No solo se priorizan los productos obtenidos en el experimento, o los efectos para dar cuenta de las propiedades de las sustancias, sino que también para algunos es relevante dar cuenta de las cantidades iniciales y finales, es decir que los cambios que sufre la sustancia respecto a una de sus cualidades, de este modo se establecen

relaciones entre el gas producido y la disminución de agua, a mayor vapor menos agua queda en el balón.

Al realizar un experimento es posible enfatizar en los productos obtenidos, en la comparación de los cambios de las sustancias, se da cuenta de un proceso, o se espera nuevos efectos que desde las predicciones que realizan los estudiantes pueden presentarse o no, y a lo cual el estudiante para dar cuenta de lo sucedido debe incluir nuevos términos a su descripción, por ello unos priorizan en la pureza del agua, o en su desintegración.

La conservación del agua en el experimento de acuerdo al agua inicial y final.

La idea de conservación parece que no es tan sencilla como parece, implica relaciones entre las cantidades obtenidas al comienzo y al final del experimento, pero también una relación entre ideas que se tienen de la sustancia al comienzo y al final, entender por ejemplo que el agua ha sufrido una trasformación pero que sigue siendo agua en forma de vapor parece sencilla pero no se ha interiorizado o preguntado sobre esto, puesto que en afirmaciones como escriben si disminuye el agua disminuye el vapor obtenido, se entiende que solo se ha observado la sustancia al comienzo y al final, pero se ha dejado de lado alguna asociación de los cambios del agua con los del vapor en términos de la constancia de una de sus propiedades en la trasformación, es decir la masa.

Una vez terminado el experimento logramos observar que así como disminuye el agua también disminuye su evaporación, el agua que sale por el tubo refrigerado es más clara que la que se encuentra en el balón.
La cantidad de masa del agua se va disminuyendo porque se va evaporando
La masa del agua disminuye debido a los residuos de vapor en el balón y la dispersión de este en el aire (E9)

Propiedades del agua

Una de las propiedades que se describen, es el cambio de estado sólido, líquido y gaseoso, que asocian en una relación de dependencia con a la temperatura del agua. El estado de evaporación se asocia una alta temperatura o con el calor de la estufa.

Las descripciones son al estilo causa-efecto, los efectos son los cambios de estados, la causa el calor.

Cuando el agua se evapora y este vapor se convierte en gotas, hay una trasformación, la trasformación se piensa que sucede cuando el vapor disminuye su temperatura, pero cuando sube la temperatura y el agua se evapora no resulta necesario hablar de trasformación, es muy común ver que el agua se evapora, pero que vuelva a obtenerse agua de esta es menos común, por ello la palabra trasformación se vincula a algo novedoso.

Algunos testimonios al respecto:

Se comprenden las distintas características que componen la destilación en el agua como lo pueden ser, el líquido, la evaporación y ebullición. Haciendo que el vapor sea canalizado hasta un refrigerador. (E9)

Podemos observar que a medida que disminuye el vapor también, el vapor a una temperatura inferior ***se trasforma*** *en gotas. (E1)*

La evaporación surge desde que la sustancia esta liquida y esta se va evaporando por el calor que genera la estufa, esta pasa a un estado sólido y así surge una reacción física. (E5)

EXPERIMENTO 2: TRASFORMACIÓN DEL AGUA POR ACCIÓN DEL CALOR

En este experimento que conserva el montaje de destilación se interpone carbón en polvo al interior de un tubo que está conectado entre el balón y el tubo refrigerante donde fluye el vapor de agua, así cuando atraviesa el vapor de agua el tubo, este interactúa con el carbón y estas sustancias sufren un proceso de transformación química. Así, el vapor de agua, se descompone en hidrógeno y oxígeno, el oxígeno interactúa con el carbón tornándolo en ceniza, y el hidrógeno sigue su trayecto de modo que al final se obtiene un volumen de este gas y otro gas denominado dióxido de carbono. Luego de este proceso se capturan estos gases y se les realiza una prueba con papel tornasol para dar cuenta de su pH y así establecer una diferenciación con el vapor de agua.

Para la descripción de los efectos observados por los estudiantes en la guía propuesta luego del procedimiento, se agrega una tabla en blanco donde los estudiantes completan las descripciones que para ellos son pertinentes al pensar el experimento en tres momentos, se espera que los estudiantes logren identificar y describir las condiciones en que se presentan los efectos, determinar las cantidades de gas, así como comparar qué le sucede a las sustancias al inicio y al final. A continuación se presenta una tabla con una organización de los registros de cada estudiante y se ordenan según unas tendencias que se proponen para clasificar la información.

Tabla 18. Sistematización de los momentos del experimento de transformación del agua por acción del calor y el carbón.

Momentos	Tendencias	Descripciones de los estudiantes
Momento 1	Describe las condiciones iniciales para que se produzcan efectos.	*Después de haber hecho el montaje, con los 50 ml de agua en el balón a los 5 minutos el agua tiene una temperatura de 68º C y empieza a nublarse el balón* *El agua empieza a hervir, evaporándose y con ello nublando el balón.*
Momento 2	Asocia la trasformación del carbón con un cambio de estado de la materia.	*El carbón activado está pasando a un estado líquido y el termómetro está a 91 grados.* *Hay una interacción del carbón que se evapora y el vapor de agua.*
	Describe la reacción como una mezcla.	*El carbón se une con el vapor de agua para hacer un compuesto químico que al final se ve como un compuesto oscuro.* *Al mezclarse el vapor con el carbón se encuentra que este se acumula en pequeñas cantidades*
	Describe la reacción química con una representación	*con el carbón y el vapor obtenemos* $C + H_2O \dashrightarrow C0_2 + H_2$
Momento 3	En la interacción del carbón y el vapor se produce un gas en forma de mezcla de carácter acido.	*Hay una mezcla de la evaporación del agua y el carbón obteniendo un gas, y este hace que el agua que había en la probeta salga y después de esto se obtiene el gas en 60 ml de* $CO_2 + H_2$ *que toma un carácter acido.* *Cada 3 segundos el agua va bajando poco a poco, produciendo a su vez gas. En torno al gas se produce un alto nivel de dióxido de carbono e hidrógeno, obteniendo un volumen muy alto, en el cual se pudo observar el cambio de color en el papel tornasol azul.(rojo)*
	Describe el proceso de identificación del gas.	*En este momento apagamos todo y observamos la probeta y allí introducimos dos papelitos, uno de color rojo y otro azul, donde el papel tomo un color morado- donde mostraba el ácido que contenía la probeta mientras que el otro papel quedo igual. Después, introducimos una vela dentro de la probeta que al contacto con los gases se apagó su llama.*
	Descripción con otro curso del experimento.	*Podemos observar que las gotas de la mezcla bajaron hacia la tasa se mezclaron y llegaron hacia la probeta y se disolvieron en la tasa.*

En las descripciones iniciales de este experimento, en el momento 1, se destacan dos aspectos relevantes: por un lado está la importancia de tener el montaje con unas disposiciones precisas, y por otro la observación de unos efectos o establecimiento de unas condiciones para su producción.

Disponer los materiales para alistar el montaje, implica habilidades a nivel grupal como el trabajo en equipo, buena motricidad para ubicar el balón, el tubo refrigeración, revisar que todas las mangueras del montaje se acoplen bien a cada parte, todo esto es de por sí ya un comienzo para el experimento, sin embargo la observación detallada junto y la aplicación de calor con las estufas es una parte fundamental para observar los cambios en el agua. A raíz de la propagación del calor desde la estufa al balón con agua, es que los estudiantes precisan que el vapor se produce a una temperatura menor a 90 grados o como dice alguno a 68° C se comienza a nublar el balón, la observación de estos efectos, precisión y detalle es un aspecto que permite dar cuenta de propiedades del agua, y de paso se experimenta y conocen los elementos del montaje.

En el momento 2 y 3 los estudiantes buscan explicar los cambios observados, específicamente a propósito de la trasformación gradual del carbón. La trasformación del carbón la asocian con una desaparición causada por un cambio de estado, ligado aumento de temperatura o a una interacción. La idea de interacción es una opción para los estudiantes al explicar lo observado con el carbón. Hay varias ideas de fondo de interacción en las que se destacan las siguientes:

Formas de asumir la interacción

Gráfico 27. Interacción entendida como la afectación de un cuerpo sobre otro, un solo cuerpo cambia, pero no se trasforma.



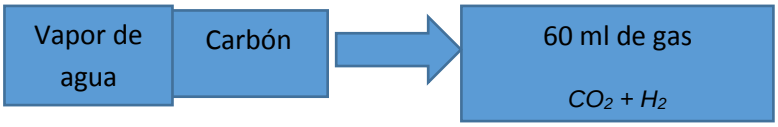
Hay una interacción del carbón que se evapora y el vapor de agua

Gráfico 28. Interacción entendida como mezcla, ambos cuerpos se unen.



El carbón se une con el vapor de agua para hacer un compuesto químico que al final se ve como un compuesto oscuro.

Gráfico 29. Interacción entendida como una relación de sustancias y la representa con una formulación.



Se obtiene el gas en 60 ml de $CO_2 + H_2$ que toma un carácter acido.

$$C + H_2O \dashrightarrow C0_2 + H_2$$

Una de las fases que identifican los estudiantes sin proponerles preguntas es describir lo que sucede en términos de interacciones, como se puede observar cada grupo tiene diferentes ideas para la interacción, la idea más precisa de interacción es la que asume un cambio en los dos cuerpos que interactúan aunque ambos produzcan un mismo resultado. Lo que se observa es el cambio en un solo cuerpo, sin embargo cuando se miden las masas hay vapor de agua que no se destiló y esta ausencia aún no ha sido una preocupación, este aspecto se destaca en algunas de las preguntas. Para finalizar los estudiantes al identificar lo que obtienen afirman que es un gas con carácter ácido, el papel tornasol y su coloración es un indicador para caracterizar las sustancias, enseñar el código de colores y el pH es un aspecto que hace que el cambio de coloración tenga sentido para ellos y para la caracterización de las sustancias.

Fenómeno: Descomposición del agua en interacción química.

Tabla 19. Intencionalidades de las preguntas propuestas para la descomposición del agua por acción del calor y el carbón.

ASPECTO A CARACTERIZAR	PREGUNTAS PROPUESTAS EN LA GUÍA	INTENCIONALIDAD
COMPORTAMIENTO DEL VAPOR PRODUCIDO	Cuando el agua hierve que dirección toma el vapor ¿Por qué?	Dar cuenta de las propiedades que asocian al vapor.
LA INTERACCIÓN ENTRE EL VAPOR DE AGUA Y EL CARBÓN.	¿Qué sucede cuando el vapor de agua entra en contacto con el Carbón? Luego del experimento la masa del carbón ha aumentado o disminuido, ¿cómo explicaría esto? ¿Qué sucedió con el vapor de agua en cada uno de los tres momentos? Si se encierra en un globo la mezcla de gases que se obtiene por la interacción del vapor el agua y el carbón. Luego, de enfriar el globo que le ocurrirá al volumen de este.	Encontrar qué relaciones se establecen al explicar una interacción de descomposición.
EXPLICACIÓN AL DESPLAZAMIENTO DE AGUA EN LA PROBETA	En el momento “3”final hay un desplazamiento del agua en la probeta invertida. ¿Qué crees que produce este desplazamiento?	Evidenciar como se comprende los productos obtenidos en el experimento.
DIFERENCIACIÓN CON EL FENÓMENO OBSERVADO EN LA DESTILACIÓN	¿Qué diferencias encuentra con los cambios del vapor de agua en este experimento y el experimento anterior (destilación)?	Dar cuenta de las características esenciales del fenómeno.

A partir de los testimonio se hablan de las siguientes tendencias

Comportamiento del vapor producido

Cuando comienza el proceso y el agua hierve, el comportamiento del vapor se explica asemejándolo con un gas de modo que atribuyen moléculas a su constitución, que se esparce por el medio libremente. En la enseñanza de la química hay implícitas representaciones de los estudiantes asociados con los gases y su comportamiento en términos de partículas, estas partículas las llaman moléculas. En los libros de texto o

en las clases de química, los docentes suelen representar en recipientes una serie de esferas que se distancian unas de otras en mayor medida cuando el cuerpo está en estado gaseoso, es posible que se refieran a estas moléculas desde una imagen de partícula que compone las sustancias.

En muchas ocasiones en las escuelas se habla de entidades como moléculas o átomos, sin estudios experimentales o desde una reflexión más profunda de lo que ofrecen los textos escolares, sin embargo alrededor de esto los estudiantes se apropian de un lenguaje para dar cuenta de los efectos observados. Desde la pregunta planteada o en el diseño de esta guía no se habló en ningún momento de moléculas, sin embargo este es un término que desde la experiencia de los estudiantes fue evocada y vinculada con el fenómeno observado. La experiencia se enriquece y ordena cuando los estudiantes realizan observaciones pero también cuando vinculan las nuevas experiencias con las ya organizadas.

Algunos testimonios:

Hacia arriba porque va son moléculas y no tienen una composición estable. (E4)
La dirección que tenía el vapor es hacia arriba ya que las moléculas de gases se esparcen por el medio. (E9)
Hacia arriba para obtener una mezcla de vapor de agua. (E7)

Esta primera pregunta que da lugar a esta apartado se vincula con los primeros efectos con el vapor, una de las propiedades evidenciadas es la constitución del vapor y su composición como molécula, además de que tiene una fluidez análoga a los gases. En esta pregunta solo se detalla esta propiedad sin embargo a lo largo de las afirmaciones los estudiantes van atribuyendo más cualidades al vapor como por ejemplo las realizadas en propósito de su interacción con el carbón.

La interacción entre el vapor de agua y el carbón

Para observar una interacción química como la que se presenta en este experimento, además de proponer los momentos en la guía, se realizan unas preguntas para centrar la atención en los cambios y lo que se mantiene constante. En la interacción hay cambios en el vapor y el carbón, y añadido a esto hay una trasformación donde el agua se descompone en dos elementos, y uno de sus elementos se une con el carbón para

producir un gas, esta es una afirmación que no está sujeta a una percepción sino a un razonamiento lógico, partiendo de datos como la medición de la masas al inicio y al final, datos que si son perceptibles.

La idea de interacción surge de un análisis de conservación de la masa al inicio y final del experimento. Es posible que los estudiantes lleguen a argumentar y presentar un razonamiento lógico como el de Lavoisier sobre la interacción, sin embargo como no se midió masa hay un dato que no permite inferir desde un comienzo que se une con qué y que se separa. Tener los datos en sí, no garantiza que se construyan determinadas formas de ordenar las ideas o que todos tengan la misma idea de interacción, pero si es importante que compartan una base sobre experiencia sobre la que se pueda discutir y hablar. La medición de las masas en los gases encontrados en el experimento no se convirtió en un problema a indagar sin embargo los estudiantes con las preguntas si desde su experiencia propusieron algunas ideas para explicar esta interacción y la obtención de los productos. A continuación se presenta las tendencias donde se indica la pregunta, los testimonios y breve análisis al respecto.

Pregunta **¿Qué sucede cuando el vapor de agua entra en contacto con el Carbón?**

Se refieren a la interacción. En esta tendencia la interacción se asocia con los cambios que presenta, el carbón el vapor o ambos. Cuando se habla de que solo cambia el carbón, usan términos como se convierte, se vuelve gas. Para ellos este cambio pasa rápidamente de solido a gas, o cambiando por las tres fases, solido, líquido y gaseoso. A incluso algunos dicen que solo cambia de solido a líquido.

Como se puede ver hay una fuerte influencia del experimento anterior donde se asegura que los cambios en masa se deben principalmente a cambios de fase. Es de entender que para dar cuenta de que el vapor también cambia. Implica hacer mediciones de masa en los gases y de la masa inicial.

E7: el carbón se vuelve gas y produce hidrógeno y dióxido de carbono.
E8: el carbón pierde su forma sólida y toma una forma líquida ya que se mantenía en el tubo y se desplazó por el tubo refrigerante lineal y ahí se mantuvo.

E9: el carbón se mezcla con el vapor y pasa a un estado de fusión (solido a liquido) para luego transformarse en gas en un estado de evaporación.
E10: cuando estas dos entran en contacto el carbón se convierte en su minoría en dióxido de carbono. El carbón se mezcla con el vapor y pasa a un estado de fusión (solido a liquido) para luego transformarse en gas en un estado de evaporación. Cuando estas dos entran en contacto el carbón se convierte en su minoría en dióxido de carbono.

Por otro lado, cuando se pregunta por si la masa del carbón ha aumentado o disminuido, ¿cómo explicaría esto? Hay dos tendencias, una donde la masa no cambia (se conserva) y otra donde aumenta.

Para la gran mayoría de los estudiantes la masa se conserva, como ellos pudieron evidenciar en el experimento anterior que en el cambio de estado los cuerpos no cambian de masa, infieren que acá no cambia. La observación que realizan cuando el carbón se consume es que está en realidad presentando un cambio de estado, por eso mencionan que la masa se mantiene incluso luego de que el carbón pasa a liquido o ser un gas. La conservación de la masa no se infiere estableciendo una medición sino infiriéndolo a partir de la observación ya realizada en el experimento anterior de destilación.

E1: a pesar que se haya generado la mezcla la masa de carbono sigue intacta ya que la ley de la conservación de la materia demuestra que mediante reacción química la materia no se destruye sino que se transforma y se conserva su cantidad de masa.
E8: la masa del carbón se mantiene ya que este no se evaporo si no toma una forma líquida.
E9: en el carbón se mantuvo pero paso de estado sólido a gaseoso
E10: la masa del carbón se mantiene estable pero en diferente estado.

Para los estudiantes que la masa ha aumentado no están pensando en la masa que se trasforma sino solo en los productos y en la interacción como una mezcla.

E2: aumenta ya que se mezclan entre sí por la generación de gases y la presión.
E3: la masa del carbón aumenta al estar en contacto con el agua.

En la pregunta **¿Qué sucedió con el vapor de agua en cada uno de los tres momentos?** Mencionan el paso a paso, la producción del vapor, y luego afirman que la interacción se da entre el vapor de agua y el carbón o que Interactúan el agua, el carbón y el vapor aumentando los gases. Unos identifican 2 cuerpos y otros 3 en la interacción, la determinación de la masa y su medición permitiría definir que solo 2

cuerpos interactúan además de que así se podría establecer la masa de los gases obtenidos y evidenciar la conservación. Las afirmaciones surgen de una percepción donde la medición de masa estuvo ausente. Dicha interacción es explicada como una mezcla, donde cambian las propiedades de los cuerpos, lo que había inicialmente reconocen que es diferente a lo que se obtiene al final.

E6: en el primer momento, el vapor empieza a pasar al tubo de vidrio, en el segundo, empieza a interactuar con el carbón y esta mezcla pasa al tubo refrigerador, y al final queda el gas en la probeta.
E7: primero, hirvió el vapor se mezcló con el carbón luego este tuvo una transformación de gas, dióxido de carbono, hidrógeno y demás componentes

En la última pregunta: En el momento 3 o final hay un desplazamiento del agua en la probeta invertida. **¿Qué crees que produce este desplazamiento?** Hay dos tendencias lo que se van por que se produce gas y los que creen obtener vapor.

E9: los gases de la mezcla del vapor de agua y el carbón activado dando como resultado dióxido de carbono y desocupando la probeta. E7: en la probeta se dio la acumulación de gas y este a su vez derivadas sustancias.
E10: el agua de la probeta disminuye e intercambia con el vapor del agua.

El desplazamiento de agua lo asocian con la idea de que ese lugar que desplaza es ocupado por un gas, por ello hablan de intercambio. Para otros lo que desplaza el agua no es un gas sino el vapor de agua, esto indica que para todos no hubo realmente una interacción, aunque observaran los mismos efectos. El vapor y el gas en la actualidad son conceptos que tienen acepciones diferentes, sin embargo los estudiantes no diferencian las cualidades que tiene cada uno. Una experiencia que se puede proponer es encerrar vapor de agua en un globo y encerrar el gas obtenido en este experimento así podría repensarse si realmente se obtiene vapor o un gas. Aunque no se realizó si se propuso una situación análoga: Si se encierra en un globo la mezcla de gases que se obtiene por la interacción del vapor el agua y el carbón. Luego, de enfriar el globo que le ocurrirá al volumen de este. Frente a esto afirman:

E1: cuando el vapor baja la temperatura, su volumen va disminuyendo ya que el agua vuelve a su estado líquido.
E2: el volumen del globo disminuye ya que al estar encerrados los gases las partículas se comprimen.
E7: le ocurrirá que en tener dióxido de carbono se caerá el globo y cuando tiene solo hidrógeno se eleva pero en la mezcla de los 2 se elevara la bomba por la fuerza que estos 2 componentes.

El gas se asocia con el vapor de forma implícita, el solo hecho de decir que al enfriarlo se vuelve líquido. No incluye una de las condiciones que es la presión, de aumentar en un gas para que sea líquido. De esto se concluye que los estudiantes solo pueden hablar desde la experiencia que tienen organizada y de sus saberes, y al parecer esta diferenciación no les es útil en este momento y por ello no hay tal diferenciación. Para enriquecer las ideas sobre los fenómenos Experimentar es una forma de poner en cuestión las ideas y ampliarlas. En este punto es donde concluye el experimento, y donde los estudiantes terminan las descripciones del experimento.

Además de describir los efectos, una de los aspectos que se caracterizan es el hecho de diferenciar el fenómeno observado en este experimento y el anterior.

E1: la diferencia es que en el experimento de hoy se produjeron gases (dióxido de carbono, e hidrógeno) dejando todo el laboratorio nublado. En el anterior, solo se evapora el agua pues no había con que otra sustancia mezclarse.
E5: que el experimento anterior era volver el vapor de agua y el experimento de ahora es mezclar dos compuestos químicos.
E4: en el anterior experimento el vapor de agua no cambio y se observó un cambio físico y el de hoy cambio de líquido a gaseoso y de gaseoso a líquido y en este un cambio químico de dióxido de carbono e hidrógeno.

EXPERIMENTO 3: ELECTRÓLISIS

Descomposición por electrólisis

La electrolisis es un fenómeno en el que mediante una solución salina en un recipiente y un flujo de electricidad, se observa que en los polos positivos y negativos conectados a la solución salina se producen dos gases: hidrógeno y oxígeno. Al realizar este experimento se pueden observar cambios en los bornes o electrodos que se conectan al agua con solución, variaciones en los efectos al cambiar electrolito interpuesto, y se observa la producción de gas.

En este experimento al igual que los anteriores se plantean tres momentos para que los estudiantes describan lo observado del fenómeno, en relación a los elementos y las sustancias. Luego se proponen unas preguntas con la intención de refinar las observaciones. A diferencia del experimento anterior en vez de describir momento a momento, se va a analizar solo las preguntas y los testimonios resultados tanto de las preguntas como de los momentos se incluyen en los testimonios que hacen parte de

este análisis. Se encontró que algunas de las ideas se repiten de los momentos a la hora de proponer las preguntas.

Tabla 20. Sistematización de las preguntas que orientan el experimento de la electrólisis

Aspecto a caracterizar	Preguntas	Intención
Caracterización de las burbujas y diferenciación del fenómeno.	¿Cuál es la diferencia entre las burbujas que se observan y el vapor de agua cuando esta se hierve? Describe: ¿Cómo son las burbujas en el electrodo positivo y en el negativo? Cuando inflas dos globos uno por cada gas de cada electrodo, ¿qué ocurrirá con cada globo?	Diferenciar el fenómeno de cambio de estado del agua y la producción de burbujas con electricidad. Identificar el gas que se obtiene en cada electrodo y caracterizarlo
La cualidad eléctrica del agua (conducción)	¿Cómo entiendes la conducción eléctrica de una solución salina en contraposición del agua potable?	Identificar y describir los efectos al cambiar el agua.
Determinar los cambios sobre los electrodos.	Si cambian de color los electrodos. ¿A qué crees que se debe esto? Cuando se aumenta el voltaje. ¿Qué ocurre en la electrolisis?	Determinar variaciones en los electrodos al aumentar el voltaje y describir los efectos.

Caracterización de las burbujas y diferenciación del fenómeno.

Para caracterizar las burbujas se proponen tres preguntas, a continuación se realiza un breve análisis de cada una.

¿Cuál es la diferencia entre las burbujas que se observan y el vapor de agua cuando esta se hierve?

Esta pregunta pretende poner en cuestión dos fenómenos en los que se producen burbujas, uno es el fenómeno observado cuando el agua hierve y otro es cuando se conduce electricidad en el agua. Establecer diferenciaciones de los fenómenos es un aspecto que permite orientar las observaciones y los centros de interés según lo que se

estudia. En esta propuesta se observan ambos fenómenos y frente a estos los estudiantes dan cuenta de algunos puntos para su diferenciación.

E5: una de las diferencias es que las burbujas de vapor se vean al tener una temperatura de 90ºC y las burbujas con electricidad se crean cuando el agua tiene otros componentes.

Una de las maneras de diferenciar los fenómenos es comparando las condiciones de producción de los efectos, esta estrategia es usada por los estudiantes, donde diferencian que unas burbujas se dan por el aumento de temperatura en el agua y para este experimento se dan es por la variación de una condición eléctrica. Esta no es la única manera de diferenciar un fenómeno también se encuentra que es posible observar los efectos al inicio y al final y comparar sus resultados frente al cuerpo que se observa. En este caso el cuerpo, son las burbujas, estas por ejemplo al inicio son similares en ambos fenómenos pero cuando ascienden se encuentran diferencias, además de que su composición es diferente.

E10: la diferencia entre estas es que las burbujas del vapor de agua se deshacen liberando todas las moléculas de agua en el aire, en cambio las burbujas del experimento quedan como residuos en las paredes del beaker.

La primera diferencia es la forma en que se acumulan en la superficie. Para el agua hirviendo las burbujas se explotan de forma continua liberando moléculas al aire, el término molécula acá para algunos estudiantes se refiere a una forma de constitución del agua.

Comparar fenómenos para diferenciarlos evocando la experiencia es una estrategia que puede ser eficaz si se evocan detalles que sean muy precisos y evidentes. Es por ello que esta estrategia puede ser más eficaz al comparar ambos fenómenos de forma simultánea observándolos, no solo para dar cuenta de la forma de las burbujas, sino para determinar su constitución. A las pruebas con las burbujas sometidas a una llama, se puede obtener datos distintos en la constitución tanto para las burbujas producto de un cambio de fase como las obtenidas durante la electrolisis, este es un criterio experimental que brinda más datos para comparar dos fenómenos y diferenciarlos.

En una segunda pregunta, que también se centra la atención las burbujas se propone lo siguiente: ¿Cómo son las burbujas en el electrodo positivo y en el negativo?

Cuando se propone esta pregunta pareciera que las burbujas y su tamaño no es importante, pero diferenciarlo es parte de caracterizar el fenómeno. En este punto los estudiantes observan que en el electrodo negativo las burbujas son pequeñas y se producen en mayor velocidad que las del electrodo positivo que son de un tamaño mayor. Algunos afirman:

E3: las burbujas del electrodo negativo son más pequeñas y son más efervescentes y aumentan muy rápido y el electrodo positivo aumentan muy despacio, las burbujas son grandes.

Hay cosas que al pasarlas por obvias dejan de reconocerse en los fenómenos y que son datos importantes para diferenciar que se obtiene en el experimento y como se obtiene. Por ejemplo cuestionarse de porqué unas burbujas son más pequeñas que otras que indica, puede revelar pistas de la constitución de esos gases, sin embargo la atención se centro fue en una primera diferenciación solo en términos de tamaño no en constitución. Otros se centraron además en el tipo de polaridad para la formación de burbujas.

E7: según como se ponga en la pila (+) o (-) en el polo se dará la mayor o menor cantidad de burbujas en los electrodos prácticamente en el polo (-) se difunde mayor.

Las burbujas dependen de la polaridad no de un electrodo o material específico del que estén hechos. Esta es una observación donde las burbujas no dependen del material de los electrodos sino de su polaridad. Un último aspecto para caracterizar en las burbujas es determinar de qué gas están hechas, además de diferenciar sus propiedades, para ello se propone la siguiente situación: Cuando inflas dos globos uno por cada gas de cada electrodo, ¿qué ocurrirá con cada globo?

Esta pregunta pretende poner en evidencia que ocurre en el globo cuando se introduce el gas de cada electrodo, la primera diferencia que establecen es la siguiente:

E5: en el electrodo negativo el globo trataría de inflarse ya que tiene mayor ebullición y da más cantidad de gas, mientras que el electrodo positivo el globo no se inflara ya que no hay tanta expulsión de vapor.

Cada vez que se hace referencia a las burbujas, estas se asocian con el vapor. Es necesario a partir de estas preguntas dejar abierta la posibilidad de que los estudiantes experimenten para identificar qué gas se obtuvo en cada electrodo y así diferenciarlo

del vapor. Esta idea se tuvo en cuenta para el siguiente experimento, donde se recogen los gases obtenidos y se identifican los gases. Lo que se aprecia es que una experiencia previa marca un sentido para comenzar a razonar las experiencias que siguen en adelante, a menos que este sentido cambie frente a una experiencia donde se observe algo que entra en contradicción con la forma de pensar. Una última afirmación de un estudiante sobre las burbujas ratifica la última idea mencionada:

E9: al inflar un globo con los gases del electrodo negativo este globo tendrá más elevación y es posible que se condense el gas y si se infla un globo, con el electrodo positivo tendrá menos elevación y también se podría condensar.

Las descripciones permiten contrastar lo que dicen los estudiantes y puede ser interesante para repensar las formas de razonar los experimentos.

La cualidad eléctrica del agua (conducción)

Caracterizar las sustancias y los elementos es posible dotar de cualidades estos cuerpos, agua potable y agua salada, y se planteó la siguiente pregunta; ¿Cómo entiendes la conducción eléctrica de una solución salina en contraposición del agua potable?

Esta pregunta propone una situación en la que se compara cómo se presenta la conducción en dos sustancias, agua potable y agua salada durante la electrolisis. Cuando se realiza esta situación se observa que el agua salada conduce más electricidad que el agua potable. Esta una afirmación en la que se asocia una mayor producción de burbujas con una mayor conducción de electricidad y viceversa. Justificar porque una sustancia conduce más o menos implica la incorporación de nuevas nociones para diferenciar ambas sustancias, en este caso se habla de que el agua salada tiene iones libres, mientras que el agua potable pura no tiene iones. Los iones son partículas a las que se les adjudica el grado de conducción eléctrica, estos iones son una entidad que estando presente en el agua dotan al agua de una cualidad susceptible de intensidad, es decir se puede indicar si una sustancia conduce más o menos electricidad.

E1: el agua potable pura (desionizada) no conduce la electricidad por la ausencia de iones. Mientras que, el agua salada si conduce la energía emanada de los electrodos.

E2: el agua potable reacciona debido a los contenidos de cloro y otras sustancias. El agua desionizada no reacciona puesto que no contiene ninguna otra sustancia. El agua con sal reacciona de manera evidente y rápida ante la energía

Determinar los cambios sobre los electrodos.

Los electrodos es una de las partes del experimento, específicamente con la que se genera una diferencia de potencial. En estos electrodos que son de carbono. Los estudiantes se percatan que durante la electrolisis cambian de color los electrodos, y se les pregunta en la guía, ¿A qué crees que se debe esto?. Esta pregunta implica hablar del material de los electrodos o la sustancia con la que se rodean, algunos afirman que se debe a la sal disuelta en el agua y que se adhiere al electrodo. Esta idea no explica porque se adhiere, pero si muestra que el cambio en el electrodo se presenta por una por una interacción entre el material del electrodo y la sal, según una polaridad.

E1: creemos que esto se puede producir debido a las partículas de sal diluidas en el agua que se adhieren al electrodo.

Otros hacen énfasis en cómo cambia el color y que se debe a una oxidación, esto para cuando los electrodos no son de grafito sino metálicos. Cuando se realiza un experimento algunos de los estudiantes no siguen los procedimientos como se proponen sino que experimentan al cambiar aumentar o disminuir unas variables o al cambiar un material implicado en los efectos. Es por ello que algunos observan una oxidación, al aplicar la electricidad por los electrodos de carbón sumergen también los cables directamente en el agua.

E7: según el cambio de polo en el que ejerce mayor presión cambiara el color de los electrodos en este caso el electrodo que está conectado al polo negativo se decolora en la punta a un tono más claro.

E10: en caso de los electrodos si los sumergimos en el agua cambia de color metálico a uno opaco (cable caimán caimán) y/o oxidado. Se debe a la oxidación del metal.

Experimentar se trata de cambiar en un experimento propuesto los materiales para dar cuenta de nuevos efectos de hacer evidente que varía y manipularlo. La última pregunta sobre los electrodos se vincula con el voltaje que se suministra, aumentando la variable del voltaje se pregunta ¿Qué ocurre en la electrólisis?

Los estudiantes evidencian dos cosas, por un lado el aumento de las burbujas con el aumento del voltaje. En este punto hay una técnica implícita para aumentar el voltaje a

partir de pilas, ellos las colocan en serie, aumentan el voltaje y observan qué pasa con las burbujas. Si se deja pasar las técnicas implícitas que aprenden y que discriminan los estudiantes al hacer un experimento como el arreglo de pilas y su disposición en serie, implica desconocer que hay unos saberes técnicos que se suelen poner por debajo de las afirmaciones o relaciones conceptuales.

E3: las burbujas empiezan a aumentar la velocidad en que empiezan a salir.
E5.2 Cuando aumenta el voltaje aumenta la velocidad de las burbujas y comienza a salir el olor mucho más fuerte de cloruro de sodio
E8: cuando colocamos una sola pila de 1,5v no pasó nada, pero cuando colocamos las cuatro pilas de 1,5 v se observó poca cantidad de burbujas, cuando colocamos la de 9 voltios la cantidad de burbujas fue más presente que con las 4 de 1,5 v.

EXPERIMENTO 4: CONTANDO BURBUJAS

En este experimento contando burbujas los estudiantes repiten el experimento anterior de la electrolisis, pero en este caso se miden los volúmenes de gases obtenidos y se encierran en tubos, luego se identifican los gases.

Se proponen tres momentos para que los estudiantes realicen una descripción general del fenómeno, luego se proponen algunas preguntas para que los estudiantes realicen descripciones detalladas y explicaciones del fenómeno.

En este experimento la descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno y hablar de estos elementos es un eje central, pero al mismo tiempo lo es el hecho de refinar las observaciones en los estudiantes. De ello se identifican algunos criterios que los estudiantes implícitos en las descripciones y explicaciones. A continuación se detallan algunas generalidades de los testimonios elaborados en los tres momentos y posteriormente se realiza un análisis de las preguntas propuestas.

Tabla 21. Sistematización de los momentos del experimento contando burbujas de la electrólisis

Momentos	Tendencias	Descripciones de los estudiantes
Momento 1	Describe las sustancias presentes en el experimento y un paso a paso de lo que	*E2: se agregan 10 gramos de sal a 100 ml de agua en un recipiente plástico en el cual hay ubicados dos conductores eléctricos que comunican la energía con el agua que se encuentra dentro de los tubos de ensayo. El tubo de ensayo positivo está casi lleno y el*

	observan al comienzo.	*negativo está lleno.* *E10: el agua salina comenzó a hervir y a disminuir, mientras que el otro tubo de ensayo disminuyo pero muy lentamente comenzó a salir burbujas*
	Describe los efectos iniciales en el experimento.	*E1: en 0 segundos el tubo de ensayo del electrodo negativo empezó a salir burbujas hacia arriba quedando todas en la parte superior del tubo y adhiriéndose a este cuando suben mientras que en el electrodo (+) salen muy pocas burbujas (5' 23") el tubo de ensayo (-) se está llenando todo de burbujas, subiendo estas consecutivamente.*
Momento 2	Describe las partes del montaje y que sucede en cada una:	*E3: notamos que en el electrodo positivo observamos que hay bastantes burbujas y que ascienden más rápido que en el electrodo negativo, también observamos que el agua del electrodo se vuelve de un color blanco y también vemos que se empieza a descomponer el agua, o sea se separa hidrógeno y oxigeno*
	Describe que pasa con el agua con variables	*E8: con el tiempo 15 está saliendo burbujas en el tubo de ensayo y poco a poco se acababa el agua.*
	Describe que cambios presenta el agua	*E7: empezó a burbujear y disminuyo el agua rápidamente haciendo en su proceso hidrógeno y así llegando a un punto de 5.2 ml conectada al polo (-) y 2 ml al polo positivo*
Momento 3	Describe los efectos haciendo referencia al gas producido.	*E2: el agua del tubo positivo tiene 0,4 ml el cual es oxígeno que viva la llama. El agua del tubo negativo se encuentra en 1,5 ml el cual tiene hidrógeno. Al poner el hidrógeno sobre la llama estalla debido a la reacción con el oxígeno.* *E9: al final a los 15 minutos el agua en el tubo del polo negativo bajo a 3 ml y la del polo positivo bajo 0,5 ml. No se presentan cambios.*
	Describe como diferenciar los gases obtenidos.	*E3: notamos que en el electrodo positivo el agua se acabó, el electrodo negativo el volumen es 2,3 luego, encendemos una vela para hacerle la prueba de los gases y el de hidrógeno hace una pequeña explosión y con el de oxígeno la llama se corre.*

Tabla 22. Sistematización de las preguntas orientadoras del experimento contando burbujas de la electrólisis

Aspecto a caracterizar	Preguntas	Intención
Descripciones de las interacciones del electrolito y los electrodos.	¿Qué ocurre en los electrodos con el extremo del cable conectado al polo negativo y positivo de la pila? Describa el olor del agua y determine ¿qué sustancia asocia con ese olor que se produce en experimento? ¿Qué diferencias encuentras al usar una o dos pilas en el experimento?	Establecer que aspectos se priorizan al describir las interacciones que se observan en los electrodos y los electrolitos, y su relación con los elementos químicos.
Explicaciones sobe la producción de burbujas	¿Por qué unas burbujas ascienden más rápido en un tubo que en el otro? ¿Qué proporciones de volumen de gases existe en cada tubo? Realiza pruebas con una vela, una chispa Explica ¿qué sucede? ¿Qué diferencias presentan los gases de cada tubo? Construye un organizador gráfico de sus observaciones en el muestre las proporciones de volumen	Dar cuenta de cómo la descomposición eléctrica permite hablar de los elementos químicos.

Descripciones de las interacciones del electrolito y los electrodos.

En las descripciones que se realizan en la propuesta en la observación de los electrodos y los electrolitos, hay una serie de relaciones que implican nociones sobre los elementos. Para enfatizar en este punto se proponen tres preguntas, a continuación se realiza un análisis breve de cada una.

Primera pregunta: ¿Qué ocurre en los electrodos con el extremo del cable conectado al polo negativo y positivo de la pila?

Con esta pregunta que es similar a la anterior, los estudiantes ya no hablan de la producción de vapor, sino que ahora se usa los términos hidrógeno y oxígeno, para identificar los gases que se producen en la electrolisis. Esto se debe a que desde la autoridad que tiene el maestro en la observación de los experimentos se puede enseñar a los estudiantes que esto es lo que se obtiene. Esta es una de las cosas que se hacen cuando se realiza un experimento con los estudiantes. Por otro lado, lo que dicen ellos para describir en cada estudiante es un poco distinto, para algunos solo describen el efecto sin especificar los productos, en afirmaciones como *E10: ocurre que comienzan a salir burbujas en los tubos de ensayo.* Otros hablan de los efectos observados y de los productos, *E6: sustancias del agua se dividen y en el tubo conectado al electrodo negativo queda el hidrógeno y en el otro el oxígeno.* Otros dicen describen los efectos, los productos y las causas de obtención de estos productos, como en la siguiente afirmación: *E3: con el polo positivo el electrodo genera más burbujas que el negativo, el agua del positivo se vuelve más blanca y el agua empieza a bajar más que la negativa porque se separan los compuestos del agua hidrógeno y oxígeno.* Otros hablan de las causas y los efectos únicamente, justificando la intensidad de los efectos a una propiedad en los materiales. E2: el lado negativo tiene más carga eléctrica lo que provoca que se presenten más burbujas en el agua salada que se encuentra dentro del tubo, y el lado positivo genera menos burbujas.

En la forma de descripción de los efectos se pueden encontrar descripciones de los siguientes tipos:

- Descripciones donde se habla solo de los efectos, p. ej.se producen gases

- Descripciones de los efectos y de los productos obtenidos, p. ej. se produce H y O.
- Descripciones de las causas, los efectos y los productos, p. ej. Se produce H y O por su separación del agua.
- Descripciones de las causas y los efectos, p. ej. El electrodo negativo tiene más carga eléctrica y produce más gas.

Cuando se observa las descripciones con detenimiento el docente se puede percatar no lo que describen los estudiantes sino que estrategias usan para describir cuando hablan de los efectos, de las causas, o de lo que se obtiene al final del experimento. Las prioridades de los estudiantes son variadas al describir.

Segunda pregunta: Describa el olor del agua y determine ¿qué sustancia asocia con ese olor que se produce en experimento?

Esta pregunta se enfoca en determinar qué sustancias se producen en la electrólisis a parte del hidrógeno y el oxígeno. La mayoría los asocian al cloro, este olor se desprende cuando se producen los gases de hidrógeno y oxígeno, otros lo asocian al óxido porque ven óxido en los electrodos. Si bien identifican el olor, preguntar de dónde sale este cloro, sabiendo que la sal es cloruro de sodio, puede abrir la inquietud en los estudiantes. En ocasiones lo que se observa se pasa por alto sin explicar su causa o una relaciones lógicas entre lo que hay y lo que se obtiene, por eso algunas descripciones solo se quedan en hablar de los efectos.

E4: la sustancia a la que podemos asociar el olor es al cloro
E6: se produce un color fuerte quemado color oxido y da un olor oxido.
E10: es como un olor a clorox

Última pregunta: ¿Qué diferencias encuentras al usar una o dos pilas en el experimento?

Se realizan descripciones en las que se habla de intensidades, es decir se establecen relaciones de equivalencia entre una variable su intensidad y el aumento de un efecto, en este sentido hay una proporcionalidad. La afirmación más común sobre la diferencia que se encuentra al usar una o dos pilas, como afirma

E5: la diferencia es que con más voltaje hay más burbujas en el tubo de ensayo y con menos voltaje menos burbujas y menos gas.

Por otro lado no solo se habla de una variable como el voltaje para incrementar o disminuir la cantidad de burbujas producidas, sino que se habla de otra variable causante de los efectos, la corriente eléctrica.

E9: que con la pila de 9 voltios aumenta la corriente con las de 1,5 v la baja.

Explicaciones sobre la producción de burbujas.

Realizar una explicación es la suma de varios aspectos que se precisan en forma detallada al describir, en la explicación no solo se describe que ocurre en el experimento también se justifica con argumentos porque ocurre lo que ocurre. Para lograr una explicación en los estudiantes no basta solo con proponer una pregunta, como con una pregunta sola los estudiantes no logran relacionar todos los aspectos de la formación de burbujas en la electrolisis, por ello es que se proponen tres preguntas y cada una de ellas implica una observación minuciosa con incluso mediciones por ejemplo de los volúmenes de gas obtenido. En ocasiones no es productivo preguntar porque ocurre X evento, por ello esta pregunta se divide en varias tareas y preguntas para caracterizar cada uno de los aspectos que permiten decir porque ocurre determinado evento o suceso. Esta es la estrategia que se propone con las siguientes preguntas realizadas a los estudiantes:

> ¿Por qué unas burbujas ascienden más rápido en un tubo que en el otro?; ¿Qué proporciones de volumen de gases existe en cada tubo?, luego se exige que la siguiente tarea: Realiza pruebas con una vela, una chispa Explica ¿qué sucede? ¿Qué diferencias presentan los gases de cada tubo?

Cada pregunta brinda elementos para comenzar a configurar una explicación. El análisis que se deriva de cada una de las preguntas planteadas se muestra a continuación.

En la primera pregunta ¿Por qué unas burbujas ascienden más rápido en un tubo que en el otro?

En esta pregunta hay varias tendencias, la primera es que el electrodo negativo tiene más energía y en este se producen más burbujas, esta tendencia surge de un supuesto

que en realidad no se ha contrastado de forma experiencial en este experimento, luego de dar cuenta de tendencias que en realidad pueden contradecirse con otra situación con por ejemplo la medición del voltaje. Aunque esta medición no garantiza que se cambie de idea si es un punto clave que entra en contravía con lo que están pensando, de manera que su forma de razonar debe ajustarse para lograr una explicación acorde con la experiencia.

E1: en el electrodo negativo ascienden más rápido ya que podemos notar que el electrodo negativo tiene más cantidad de energía y su electricidad es más fuerte y en mayor cantidad.

E5: las burbujas ascienden más en un tubo que en el otro ya que esto depende de las polaridades ya que el polo negativo conduce más electricidad y provoca más burbujas en cambio el positivo no.

E10: porque en el primer tubo de la corriente es más fuerte que en el otro

Otra tendencia consiste en considerar que el agua está compuesta de hidrógeno y oxígeno, en una relación de volúmenes definidos, como dice una estudiante: E6*: en el tubo negativo queda el* hidrógeno *y por eso el agua transciende más rápido y en el positivo es más lento ya que está el oxígeno y es más poquito teniendo en cuenta la ley de los volúmenes definidos*. En esta tendencia la electricidad no es la causante principal, sino la relación de volúmenes de hidrógeno y oxígeno que componen el agua, acá se entienden que se produce más de unas que otro por la composición del agua, desde esta idea es posible concebir las relaciones de volumen pensando en el agua como una sustancia compuesta. Esta es una de las tendencias más interesantes porque no se relaciona la explicación con una entidad o agente externo al agua, sino una cualidad del agua, su composición.

E3: porque en uno tiene dos moléculas de hidrógeno y por eso se ve la diferencia de volúmenes.

En la tercera pregunta formulada ¿Qué proporciones de volumen de gases existe en cada tubo?

Esta pregunta es sobre todo una tarea, donde los estudiantes deben medir los volúmenes de gas, la unidad de medida es el mililitro, la relación que debería encontrarse es una proporción de dos a uno, sin embargo los estudiantes encuentran relaciones cercanas. Como las siguientes:

E3: 4 ml en el positivo y 1,5 en el negativo
E4: en el negativo hay 1 mL y en el positivo 0,2mL
E7: en el hidrógeno hubieron 5 ml y en el de agua y oxígeno fueron 2 ml

Como se puede ver hay diferentes datos, que se aproximan a una relación de dos a uno, esta es la relación que se espera encontrar. Pero como los volúmenes son muy pequeños para compararlos de forma precisa en próximos experimentos es necesario tener en cuenta que en ocasiones hacer una medición consiste en obtener una buena cantidad de producto para poder dar cuenta de su proporciones de una forma más aproximada. Como se puede apreciar no solo las afirmaciones son importantes también lo es la técnica, y las formas de medición.

En la última pregunta se busca identificar y caracterizar los gases obtenidos, por ello se propone la siguiente situación: Realiza pruebas con una vela, una chispa Explica ¿qué sucede? ¿Qué diferencias presentan los gases de cada tubo? algunas de las afirmaciones que se organizan en dos tendencias, la primera hace referencia a la interacción de la llama con el gas, y la polaridad. Alguno afirma *E8: en el negativo: con la cantidad de hidrógeno produjo una explosión de gases. En el positivo: observamos no toda el agua se evapora simplemente el gas avivaba la llama.* Cuando se observan estos efectos lo interesante además de describir es deducir cosas de eso que se observa. Si no se realizan estas deducciones el docente puede entrar a precisar que por cada efecto que se diferencia es una prueba más de que se obtienen gases diferentes. Las intervenciones del docente frente a lo que observan los estudiantes orientan las formas de descripciones y se enseñan criterios para hacer deducciones de lo que se observa.

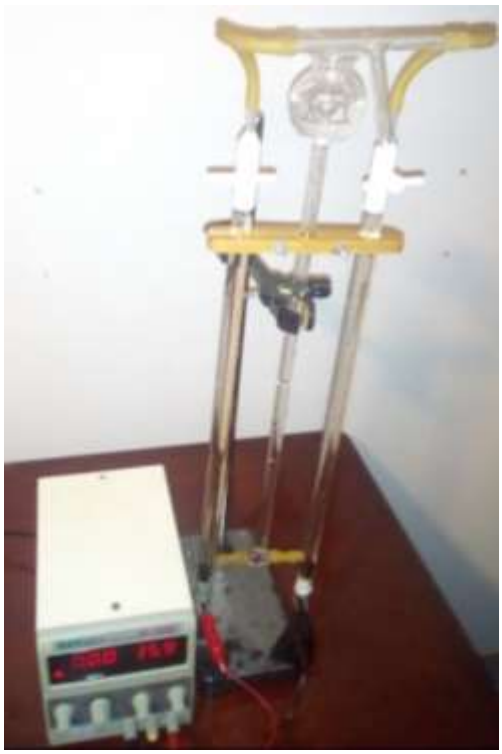
Otra tendencia en esta pregunta muestra que los estudiantes tienen diferentes criterios para observar unos priorizan qué le ocurre a un gas y desde este solo un criterio clasifica los gases o identifican, la chispa por ejemplo. *E4: que el tubo negativo (-) se encontraba con más gas así produciendo chispas en cambio en el positivo (+) que no se encontraba con gas no produce chispas.* Este criterio surge a partir de algo perceptible, por ejemplo el ruido. *E10: el tubo que quedo desocupado hizo un ruido al ponerlo con la vela y el otro no hizo ningún ruido solo la llama se fue un poquito;* los criterios para describir efectos son definidos por los estudiantes.

En este experimento, las preguntas que se formulan buscan que los estudiantes describan y establezcan relaciones para explicar los fenómenos objeto de estudio. En este caso es la electrolisis con un enfoque centrado en la medición e identificación de volúmenes obtenidos. A raíz de las preguntas propuestas y situaciones para orientar las observaciones en cada una de las respuestas análisis como este permiten discriminar qué criterios se usan al hacer descripciones o al buscar que los estudiantes realicen explicaciones.

EXPERIMENTO 5: COMPOSICIÓN DEL AGUA

Por ultimo este experimento, consiste en obtener hidrógeno y oxígeno por electrolisis pero esta vez con el voltámetro de Hoffman, este trae dos columnas donde se almacena el agua y donde luego por acción de la electricidad se almacena el gas en cada una de estas. Mediante unas llaves al final cada gas es liberado por unos orificios permiten la salida del gas de forma controlada. Para componer el agua desde el hidrógeno y oxígeno se encierran estos gases en un recipiente y se colocan a una chispa de cuatrocientos mil voltios, que permite la composición de estos gases formando pequeñas gotas de agua.

Gráfico 30. Montaje de composición del agua consta de un Voltámetro de Hoffman



Fuente: Propia

Al realizar el experimento se decide usar en el voltámetro de Hoffman unos electrodos de grafito, e incluir dentro del agua un ácido para volver al agua más conductora y así poder observar los efectos. A continuación se organizan los testimonios de los tres momentos de este experimento, y posteriormente se analizan las preguntas propuestas y testimonios.

Tabla 23. Sistematización de los momentos del experimento de recomposición del agua

M	Tendencia	Testimonio
Momento 1	Describe cambios en cada electrodo	*Después de poner el montaje y echarle ácido sulfúrico, empezó a efervescer en el electrodo negativo gran cantidad de burbujas y en el positivo con una menor cantidad pero desgastándose las minas de grafito (carbono), por lo cual también empezó a disminuir el volumen del agua en la bureta en la negativa más que en la positiva,/* E3: en el electrodo positivo vemos un desgaste debido que se está oxidando y tiene un color más oscuro.
	Describen las	*E7:Empieza a subir las burbujas inmediatamente como si estuviera*

	burbujas.	*hirviendo debido a que se conecta como vemos en la gráfica las pilas al electrodo empieza a salir burbujas en mayor cantidad en el negativo y en el positivo sale en menor cantidad con el electrodo negativo empezó a liberar H./ E9: al iniciar con electricidad empiezan a aparecer burbujas a causa de la reacción entre el agua y el ácido sulfúrico, conllevando a la evaporación por parte de los electrodos separándose los elementos químicos del agua (hidrógeno y oxígeno)*
Momento 2	Sobre los volúmenes producidos	*E2: el volumen de la bureta es muy diferente una de la otra, en el electrodo negativo disminuyó 3 mL o en cambio el electrodo positivo no ha disminuido.* No ha disminuido nada debido a que el electrodo positivo esta oxidado E6: en el electrodo negativo el ácido sulfúrico hay burbujas pequeñas y también se desplazan burbujas grandes en cambio en el positivo las burbujas salen lentamente.
	Composición del agua	E10: las burbujas aumentan en cantidad pero no en tamaño y las proporciones de agua disminuyeron más en el polo negativo ya que la descomposición del ácido sulfúrico se da en mayor cantidad y menor tiempo, se crea una chispa en el tubo de T y la composición del agua.
Momento 3	Identificación de gases y composición del agua.	*E8: en el tubo negativo empezó evaporándose el agua ya después en el tubo T le pusimos la chispa y al abrir las llaves en el tubo lleno salió el hidrógeno y el oxígeno del aire se produjeron gotitas de agua* *E1: cuando colocamos la chispa y cuando se abrieron las llaves del gas esta al reaccionar con el H se torna de un color rojizo neón con un contorno azul generando pequeñas partículas de agua en el tubo T.* E5: al poner la chispa en la T observamos que al subir el hidrógeno y combinarse al oxígeno del ambiente se vio una producción de agua y de un olor más fétido.
	Explicación de la composición	E9: se presenta una mínima explosión a causa de la unión de elementos químicos que se convierten en compuestos, en esta acción en el momento 1 se va a descomponer el agua, el oxígeno reacciona con el electrodo positivo y el hidrógeno con el electrodo negativo y al actuar los gases con el fuego se presenta la explosión junto con un pequeño ruido

PREGUNTAS ORIENTADORAS DEL EXPERIMENTO 5.

En este experimento se plantean 3 preguntas con las siguientes intenciones:

Tabla 24. Sistematización de las preguntas orientadoras del experimento de recomposición del agua

Aspecto a caracterizar	Preguntas	Intención
Relaciones volumétricas de los gases y la generación de chispa.	¿Qué efectos observa en el experimento en la cantidad de gas al generar la chispa?	Dar cuenta de qué efectos que priorizan en la producción de gases y la chispa.
Diferenciar cada gas y su comportamiento frente a la chispa.	¿De qué color es la chispa dentro del Tubo en T y por fuera cuando esta con contacto con el aire?, explica si hay diferencia y realiza una justificación para explicar lo que sucede.	Dar cuenta de que información brinda Identificar las variaciones de color en la chispa para cada gas obtenido en los estudiantes.
Explicaciones realizadas con dibujos a propósito de la composición del agua.	Realice un dibujo explicando ¿Qué sucede con los gases que están contenidos en el tubo en T y lo que le sucede cuando se produce la chispa?	Dar cuenta de las explicaciones de los estudiantes a propósito de la composición.

A continuación se presenta un análisis de las preguntas planteadas para este experimento de composición del agua.

¿Qué efectos observa en el experimento en la cantidad de gas al generar la chispa?

En esta pregunta se busca establecer relaciones entre la chispa y los gases producidos, el efecto más notorio fue el de observar gotas de agua en este punto algunos afirman:

E1: Al tener el contacto el hidrógeno con el oxígeno del ambiente y la chispa se formaron pequeñas proporciones de agua. Se pudo notar que las cantidades de gases disminuían al entrar en contacto con la chispa y pocas cantidades se perdían en el aire.
E3: vemos que se produce una pequeña cantidad de agua a lo que se convierte el hidrógeno con el oxígeno.
E4: al combinar el hidrógeno con el oxígeno crea pequeñas gotas de agua.
E9: la cantidad de gas sube junto con el oxígeno produciendo nuevamente el agua constituida por hidrógeno y oxígeno.

La ideas de fondo en este efecto que vincula con la composición del agua, se destaca:

- Identifican una de las condiciones para la composición del agua, esto es la relación entre la chispa, el hidrógeno y oxígeno.
- A la interacción que ocurre en la composición del agua, la definen como una conversión de un cuerpo en otro, o como una combinación. Estos términos con la intencionalidad con la que se dicen son sinónimos de composición.

Para este experimento el agua no se piensa como una sustancia homogénea sino que en el fondo trae una constitución de hidrógeno y oxígeno, para algunos en proporciones fijas, el agua como sustancia se ha descompuesto y vuelto a componer con electricidad. Para todos es evidente que hay un proceso de unión y separación en el agua, explicar la causa no queda definida por ellos, sin embargo si se comprende algunos aspectos que definen este fenómeno como lo son las relaciones de la chispa y los gases, y por otro lado la idea de composición del agua. A diferencia de experimentos anteriores donde se creía que en la descomposición del agua se producía solo vapor ahora se piensa que en realidad el agua si está compuesta no de vapor sino de dos gases, y que encontrar sus elementos es ante todo un trabajo creado a nivel experimental.

En la segunda pregunta: ¿De qué color es la chispa dentro del Tubo en T y por fuera cuando está en con contacto con el aire?, explica si hay diferencia y realiza una justificación para explicar lo que sucede.

Cuando se analiza el color de la chispa producida algunos encuentran las siguientes diferencias:

Diferencias al contacto con el oxígeno:

E1: la diferencia es notable, en primer lugar por el color, al estar expuesta al oxigeno del aire (O2) era de un color como azul neón y al someterlo a los gases del tubo T su color se torna rojo-anaranjado neón con un contorno azul y su sonido intenso disminuye.

Diferencias al contacto con el hidrógeno:

E3: la chispa en el aire es de color azul con amarillo, luego toma un color morado cálido, la chispa cuando estaba en el tubo T si porque dentro del toma un color morado oscuro y también rojo cuando tiene contacto con el hidrógeno

Diferencias al contacto con el aire:

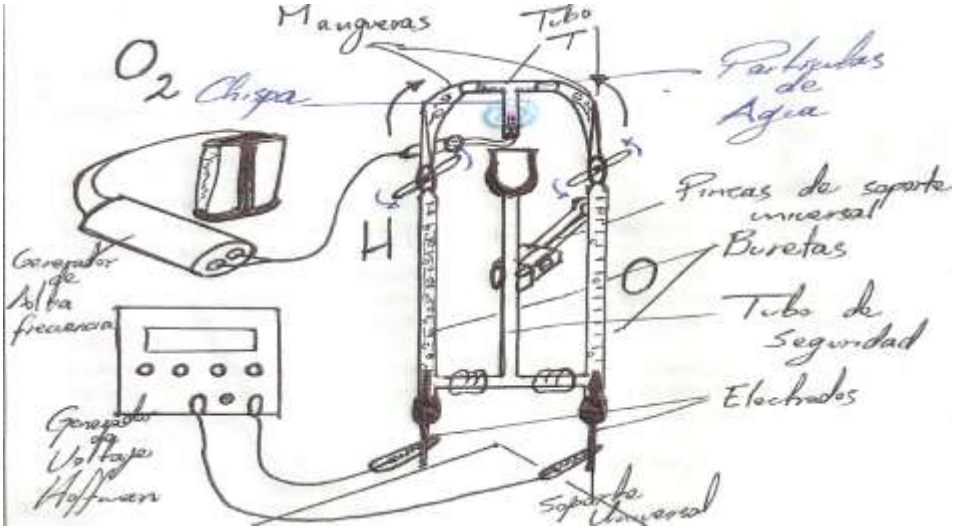
E4: el color de la chispa dentro de la t era violeta y por fuera cuando estaba con el contacto del aire era morado. Si hay diferencia porque al tener el contacto con el hidrógeno combinado con el oxígeno forma un poco de agua y al tener contacto con estos cambia de color.

En los testimonios se percibe cambios de color específico para cada gas, como para su unión. El color es un indicador de lo que compone a cada gas es diferente, por otro lado, además de estos efectos en las chispas algunos afirman que la presión baja en los gases al contacto por la chispa y por eso se componen en gotas de agua.

E7: cuando toma contacto con el aire la chispa cambia su color de rojo a azul hay una gran diferencia debido a que el aire lo que hace es bajar su fuerza o presión

En la última pregunta y tarea se propone lo siguiente: Realice un dibujo explicando ¿Qué sucede con los gases que están contenido en el tubo en T y lo que le sucede cuando se produce la chispa?

Gráfico 31. Dibujo del experimento de recomposición del agua con sus partes

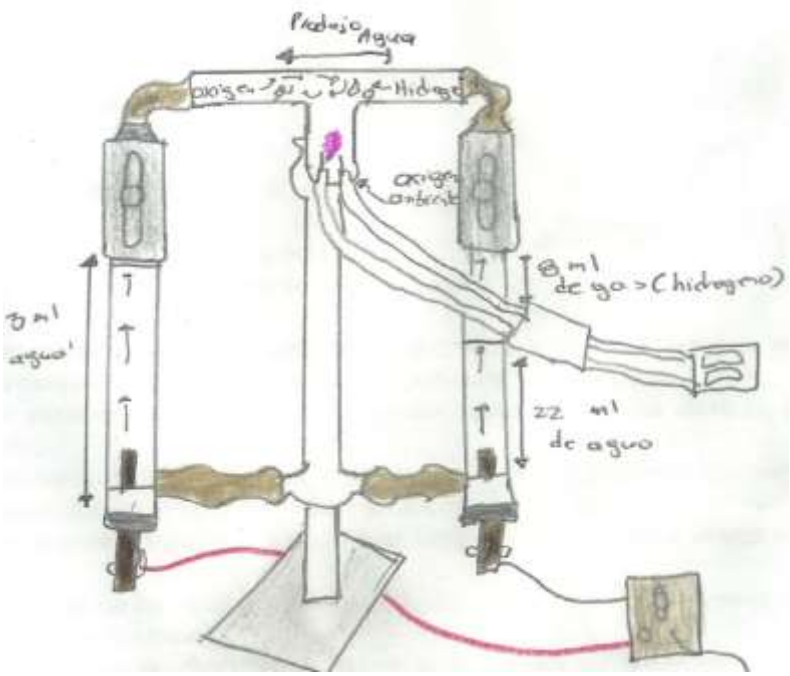


Fuente: Sistematización de aula

Con el dibujo agregan comentarios: *E1: los gases se fusionan y se condensan produciendo partículas de agua al reaccionar con la chispa. La chispa se torna de color rojo con un contorno azul neón y su intenso sonido disminuyo. Como se forma el agua con una chispa eléctrica con H y O.*

En el dibujo se representa el montaje, los gases producidos con los símbolos O y H, además de lo que se obtiene como partículas de agua, es una representación muy completa que vincula todos las partes del montaje como los resultados obtenidos, esto se repite también en los siguientes dibujos:

Gráfico 32. Dibujo del experimento de recomposición del agua con los volúmenes de hidrógeno y oxígeno



Fuente: Sistematización de aula

Para concluir este análisis, se detalla que a medida de qué se avanza en la descripción de los experimentos la forma en que se describe se detalla incluso en los dibujos que presenta, hay ante todo unos intereses por caracterizar los efectos así como explicarlos. La mayoría de explicaciones se centran en la incorporación de términos, es por eso que para lograr la explicaciones un aspecto se proponen varias preguntas y relación entre el aspecto a estudiar y otros presentes en el experimento. Las explicaciones no surgen de inmediato, además de las observaciones de los efectos es

preciso indagar desde la experiencia o desde un referente teórico para poder formular explicaciones más complejas.

ACTIVIDAD FINAL: REFLEXIONES SOBRE LA DESCOMPOSICIÓN Y COMPOSICIÓN DEL AGUA

En esta última actividad los estudiantes realizan una reflexión sobre las comprensiones alcanzadas.

Para ello se propone que los estudiantes lean en primer lugar un fragmento de Lavoisier y las relaciones con lo que ellos hicieron en clase. El fragmento es el siguiente:

> *[…] principios de los cuerpos la idea del último término al que se llega por vía analítica, entonces todas las sustancias que hasta ahora no hemos podido descomponer por ningún medio, son para nosotros otros tantos elementos; no porque podamos asegurar que estos cuerpos que miramos como simples no estén compuestos de dos o más principios, sino porque no habiéndose llegado jamás a separarlos o por mejor decir, faltándonos los medios para hacerlo, son para nosotros unos cuerpos simples, que debemos mirar como tales, hasta que la experiencia y observación nos manifiesten lo contrario- . (Lavoisier, 1789: p.XI)*

Por último realizan un gráfico en que contempla algunos de los símbolos que trabajaron en los momentos de cada experimento y en las preguntas orientadoras de cada experimento, y terminan con lo que significa para ellos la descomposición y composición del agua.

A continuación se realiza el análisis de algunas de las afirmaciones que se obtuvieron en el desarrollo de esta última actividad.

Sobre la composición del agua

> *E1.3: con los experimentos realizados en el laboratorio note que el agua se descompone hasta tal punto de obtener por separado hidrógeno, el cual al tener contacto con el oxígeno vuelve a ser agua. Al tener una vela y poner en contacto la llama con los gases del oxígeno por medio de un tubo de ensayo, pueden notar que la llama se iba para un lado, evadiendo el oxígeno mientras que la llama al entrar en contacto con el hidrógeno se formaba dentro del tubo una pequeña explosión y su sonido era como chispas.*

El oxígeno y el hidrógeno son gases que al combinarse forman un nuevo cuerpo: el agua, el cual por medio de experimentos se puede componer y descomponer. El "O" y el "H" son el principio de los cuerpos cuyos experimentos son por vía analítica.

En las apreciaciones hay dos formas de describir el fenómeno, una donde los estudiantes logran identificar que el agua se descompone en H y O, y le atribuyen un carácter que solo se logra con el experimento, es decir la descomposición y los elementos como afirmaba Boyle no están en la naturaleza, ya que se tratan de cuerpos primitivos que se evidencian solo por descomposición. La forma de describir se mantiene de efectos y procedimientos para descomponer el agua.

Al describir la composición con lo experimental a lo largo del proceso se enriquece, es decir cada vez se detallan más aspectos como en el que se habla de la electrólisis, experimento realizando actividades anteriores a esta:

E2:1 es posible evidenciar que la energía eléctrica que se conecta a los electrodos y polos negativos y positivos reaccionan al interactuar con la solución salina ***produciendo dos gases*** *diferentes que son el oxígeno y el hidrógeno los cuales al mezclarse* ***se conviertan*** *en* ***para producir unas cuantas gotas de agua****, en el polo negativo se hace más rápida la presencia de* hidrógeno *y mantiene su* volumen *mientras que en el polo positivo disminuye la cantidad de su volumen relacionando la* energía eléctrica*.*

En cada frase se pueden leer relaciones de dependencia, algunas de ellas se resaltó en subrayado o en negrita. En negrita se relaciona el gas producido que luego al mezclarse forman agua. La mezcla es una forma de explicar la composición del agua, pero esta mezcla en realidad es una trasformación, porque las propiedades del hidrógeno y oxígeno juntos cambian al formar agua. En subrayado hay otra dependencia, se vincula el volumen del gas con la electricidad según los polos. Al analizar qué relaciones establecen los estudiantes es posible encontrar que lenguaje se debe refinar dentro del aula, es decir que el docente puede entrar a analizar en las descripciones que términos se usan para luego precisar su significado en el contexto de la química para hacerlo más preciso y exigir que los términos tienen su utilidad como un lenguaje que se debe enseñar en química. Por ejemplo es necesario según la afirmación expuesta que una mezcla no es igual que una trasformación, aspectos como estos son los que se deben precisar.

Por otro lado, cuando se realizan explicaciones los estudiantes suelen usar términos en lo que dicen por ejemplo X efecto ocurre por y razón. Si la razón que plantean no se deriva de una experiencia o un análisis lógico desde un hilo de razonamientos, en ocasiones las explicaciones son superfluas y es donde nuevas experiencias deben proponerse y así enriquecer las miradas y las relaciones conceptuales que se proponen para explicar.

Observar que el agua se descompone en hidrógeno y oxígeno, y afirmarlo, no fue resultado de una investigación teórica en textos, sino el resultado de un trabajo experimental además de una serie de pruebas donde cada gas se caracterizó en su combustión o frente a un voltaje de alta tensión- chispa. Cada afirmación que realiza producto de la experiencia es ante todo una organización donde la experiencia se divide en partes, se evoca y se reorganiza constantemente, la experiencia en si es dinámica y cambiante.

En las experiencias de los estudiantes aunque no quedó plasmado en el papel o en algunas de sus verbalizaciones, en todo momento al experimentar hubo ideas que fueron desplazadas por otras, y que tomaron su grado de validez desde una observación o discusión grupal. Al respecto un estudiante dice

> *E1: Desde mi punto de vista y lo que pudimos evidenciar con los laboratorios que tuvimos durante el periodo que para poder asegurar que una idea sea verdadera primero que todo debemos por nuestra cuenta experimentar para estar seguros que esta idea sea verdadera o falsa.*

El experimento es una forma de contrastar lo que se piensa pero también lo es los razonamientos lógicos que si bien se basan en la experiencia no se derivan del todo a partir de ella, sino de supuestos impuestos a la naturaleza y lo observado.

Cada experimento no solo involucraba la descomposición o composición del agua, sino que en la identificación de los productos obtenidos en las diferentes interacciones, las propiedades fueron un centro de interés. Discriminar los cambios del agua, al calor, con la electrolisis, lo que sucedía con cada gas, las proporciones en que se produce, las relaciones de volúmenes fijos, además de su interacción con llamas o chispas, hace

que se conciban los gases con propiedades particulares. Frente a esto uno de los estudiantes afirma:

E7:3 según lo aprendido en clase algunos elementos son sencillos de descomponer por medio de algunos métodos como la evaporación, la electrolisis entre otras más. Los experimentos me parecieron interesantes especialmente por la creación de gases ya que aprendí propiedades de los gases hidrógeno y oxígeno

En síntesis, el trabajo experimental enriquece los lenguajes de los estudiantes, su forma de describir, la manera en que se da un trabajo propositivo donde lo que afirma los estudiantes no se aleja del todo de lo que piensan los científicos. Por ello cuando se contrasta algunas de las afirmaciones propuestas por Lavoisier sobre los elementos, ellos las interpretan e incluso las pueden colocar en sus palabras como en el siguiente ejemplo:

E2:4 podemos deducir que Lavoisier nos demuestra que toda sustancia posee una composición química la cual es posible descomponer pero hay que tener en cuenta que durante esa descomposición (separación) se obtiene como resultado otras sustancias y otros tantos elementos. Estos elementos son llamados así debido a la imposibilidad de separarlos hasta el momento.

En síntesis lo experimental también aporta a los estudiantes herramientas para leer apreciaciones teóricas e incluso para tener criterios para argumentar porque se plantea algunas afirmaciones en los libros de texto. Las ideas que adquieren los estudiantes en esta propuesta se derivan de una organización constante de experiencias.

CRITERIOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA DESCOMPOSICIÓN Y LA COMPOSICIÓN

SOBRE LAS SITUACIONES EXPERIMENTALES.

- Al estudiar los elementos químicos estos deben ser creados desde lo experimental, la descomposición de las sustancias es una de las formas de aproximarse al estudio de los elementos en los niveles introductorios de la enseñanza de la química.
- La descomposición del agua es una idea que desde la experiencia es sencilla de apreciar en el experimento de electrolisis cuando se realizan preguntas y se plantean situaciones para diferenciar los gases obtenidos, estas experiencias

brindan herramientas para hablar de que el agua está compuesta de hidrógeno y oxígeno

- La descomposición en la interacción del agua y el carbón requiere de una análisis riguroso a nivel experimental además de una serie de razonamiento lógico basados en la idea de la conservación de la materia para poder concluir que el agua está compuesta de hidrógeno y oxígeno, este razonamiento va acompañado entonces de una serie de técnicas experimentales y datos que sustentan el orden del razonamiento.
- La composición del agua que se realizó con el voltámetro y un generador de alta tensión, es muy práctico para ver y estudiar este fenómeno en la escuela sus resultados son muy evidentes, sirve hasta para identificar los gases por la coloración de la chispa frente al gas al que se somete.
- Cada uno de los montajes planteados que son el producto de una revisión histórica y que fueron realizados siglos atrás, para realizarlos en la actualidad deben ser modificados y acoplados con materiales que se dispongan en la actualidad y que se realización sea lo más simple posible, conservando que los resultados sean los mismos.
- El experimento es algo dinámico, con los testimonios o respuestas de los estudiantes frente a las preguntas planteadas en cada situación es posible plantear nuevas situaciones en el aula para que los estudiantes pongan en dialogo su forma de razonar con las nuevas experiencias que se propongan, producto de la reflexión y pertinencia que halle el docente.
- Los experimentos que vienen acompañados de un modelo flexible donde no hay una teoría de antemano para interpretar los experimentos, sino una serie de procedimientos y preguntas abiertas, que buscan la descripción detallada de los diferentes momentos permite a los sujetos proponer sus propias ideas para organizar los fenómenos y desde una orientación del docente pueden llegar a conclusiones incluso similares que las de los textos escolares o de científicos que abordaron los fenómenos que estudian en clase.

SOBRE LAS PREGUNTAS PLANTEADAS

- Cada pregunta que se plantea alrededor del estudio de un fenómeno debe ante todo ser planteada de varias maneras donde en cada pregunta se destaque un aspecto del fenómeno o una relación conceptual, no es suficiente con preguntar que ocurre en un experimento, es necesario proponer preguntas y tareas que deben ser realizadas mientras se experimenta.
- Cuando se tiene la tendencia de preguntar sobre los efectos observados a lo largo de una serie de experimentos la forma de observar se detalla cada vez más. Llega un punto donde el docente se propone que las descripciones trascienda y logren explicaciones, pero este interés por explicar lo que observan los estudiantes va surgiendo y entre líneas se detallan términos que introducen para explicar los eventos.
- Las preguntas acompañadas de tareas, como la de aumentar una variables, por ejemplo el voltaje, o de cambiar las sustancias o elementos implicados hace que el experimento no sea algo estático predispuesto sino abierto al razonamiento que va teniendo el docente y los estudiantes en conjunto. Así es posible escuchar a los estudiantes cuando proponen profesora, que pasaría sí. En ocasiones estos propuestas aportan a una profundización en el fenómeno el docente debe abrir la posibilidad de que se experimente en el aula, pero que estas apreciaciones se registren y se incorporen a las formas de detallar el fenómeno.

SOBRE LAS DESCRIPCIONES

- En las descripciones que realizan los estudiantes se encuentra que desde el estudio de diferentes fenómenos se pueden crear asociaciones entre estos a nivel conceptual para hablar de un mismo objeto de estudio, como el caso del agua, pensada en un proceso de composición y descomposición; unas veces por acción del calor otras por acción de la electricidad.
- Cuando se describe el comportamiento de una sustancia las propiedades son un aspecto que se destaca, así como los cambios que presenta.
- En las descripciones de la interacción química, se reflejan diferentes maneras de asumir la interacción, cuando se plantean los experimentos, es necesario

evidenciar los cambios en los cuerpos interactuantes para notar que en una interacción no solo cambia un cuerpo sino la relación con el otro.

- Las descripciones dependen de las técnicas aprendidas a nivel experimental, por ejemplo saber medir el volumen de un gas o medir la temperatura, permite incorporar más afirmaciones del experimento, por esta razón es imprescindible que los estudiantes aprendan en un experimento no solo a observar de forma pasiva sino que piensen como medir las variables que se consideran más relevantes.
- Cuando se describen fenómenos evocando la experiencia es una estrategia que puede ser eficaz si se evocan detalles que sean muy precisos y evidentes al comparar ambos fenómenos de forma simultánea observándolos, porque algunas veces al recordar se pierden detalles que caracterizan cada fenómeno y que se pasan por alto.
- Las descripciones producto de la organización de la experiencia hacen referencia en los efectos observados, las condiciones de producción de los efectos, pero también de los supuestos que proponen los estudiantes para hablar de los fenómenos.
- Las descripciones pueden llevar a la formulación de preguntas: Hay cosas que al pasarlas por obvias dejan de reconocerse en los fenómenos y que son datos importantes para diferenciar que se obtiene en el experimento y como se obtiene. Por ejemplo cuestionarse de porque unas burbujas son más pequeñas que otras que indica, puede revelar pistas de la constitución de esos gases, sin embargo la atención se centro fue en una primera diferenciación solo en términos de tamaño no en constitución. Otros se centraron además en el tipo de polaridad para la formación de burbujas

SOBRE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS: EL CASO DEL AGUA Y SU DESCOMPOSICIÓN

- La homogeneidad del agua a lo largo de la propuesta es cuestionada, y con el experimento y las experiencias propuestas los estudiantes ya no asocian solo los cambios de estado al agua, sino una composición donde esta homogeneidad comienza a perderse al hablar y experimentar para concluir que el agua se

forma de hidrógeno y oxígeno. No es nada obvio pensar que el agua este compuesta, se pueda descomponer y volver a componer, esto es el resultado de un trabajo experimental.

CONSIDERACIONES FINALES

En este trabajo desde su comienzo se da un proceso de reflexión constante, y discusión empezando primero sobre el sentido de la historia, el cual se orientó a fortalecer las relaciones conceptuales y derivar criterios para abordar el estudio de los elementos y las sustancias. Luego, esto lleva a la indagación y análisis de experimentos donde se retoman preguntas, se reorientan según unas intencionalidades propuestas, y modifican estos experimentos para ser abordados en la escuela.

El trabajo experimental permite entonces pensar en el desarrollo de un discurso de los elementos y las sustancias a propósito de la caracterización del fenómeno de la composición y descomposición del agua, y al mismo tiempo con el experimento se promueve una serie de habilidades para la construcción de montajes y el seguimiento de transformaciones propias de la química.

Con el desarrollo anterior, se diseñó e implemento una propuesta de aula cuya intención no es caracterizar los discursos o descripciones de los niños. Se trata más bien de un ejercicio de producción del maestro donde en las descripciones de los estudiantes se resaltan, los criterios aplicados al realizar una observación, el papel de las preguntas que se proponen, permite discriminar qué supuestos y herramientas se usan al describir un experimento, además de pensar en las intencionalidades que se suelen colocar en estos. Por otro lado, el hecho de proponer nuevos montajes experimentales a partir de la redescripción que se puede hacer de los experimentos propuestos en su momento por personajes de la talla de Boyle, Faraday y Lavoisier, brinda habilidades para recontextualizar un experimento y enfocarlo a una intención de enseñanza.

En la propuesta se encuentran además, aquellos elementos que constituyen el fenómeno de la descomposición y composición del agua no solo como un problema que permite pensar los elementos y las sustancias, sino como un concepto ligado a unas experiencias, unas técnicas y la construcción de unas descripciones de los experimentos.

En esta propuesta luego de su implementación la reflexión conduce a la reelaboración de las preguntas, al planteamiento de nuevas formas de experimentar, así como a la incursión de nuevos diseños experimentales para ampliar la mirada de este fenómeno y las posibles relaciones con la comprensión de los elementos químicos o las sustancias simples y compuestas.

Respondiendo a la afirmación objeto de estudio: **El abordaje de situaciones experimentales sobre la composición y descomposición del agua enriquece las explicaciones sobre el Elemento Químico.** Desde este trabajo es posible decir que las situaciones experimentales enriquecen las explicaciones del elemento químico, cuando estudiamos la descomposición de las sustancias como el agua porque:

1) Se comprende que las sustancias que se presentan en la naturaleza, aunque parecen homogéneas e inmutables pueden descomponerse y así encontrar los elementos que las constituyen- de este modo el primer paso en el estudio de los elementos químicos es cuestionar la homogeneidad de muchas sustancias que pensamos son elementos químicos.
2) Las situaciones de descomposición del agua además de enriquecer la experiencia permite la construcción de ideas para explicar el comportamiento de los elementos, donde se define: Qué elementos se obtienen, en qué proporciones, y en qué condiciones se descompone una sustancia en este caso el agua.
3) Las situaciones se enfocan en distintas interacciones donde se busca la caracterización de distintos aspectos de los elementos químicos:
   En la descomposición del agua en su interacción con el carbón, permite desde la medición de masas y volúmenes iniciales y finales, la descripción de los cambios que presentan una sustancia como el agua y el carbón para producir, hidrógeno y dióxido de carbono, explicar cómo sucede esto permite construir ideas sobre porque hay trasformaciones cuando se unen los elementos químicos para formar sustancias que inicialmente no se esperaban. Entender el comportamiento de los elementos químicos no se trata solo de verbalizar una definición, es poner en

juego las ideas que se tienen de estos en situaciones experienciales, para su descripción y análisis.

En la descomposición eléctrica o electrólisis, es posible establecer relaciones conceptuales de los elementos químicos y entrar a problematizar las proporciones de elementos químicos en una sustancia, y formular ideas para explicar por ejemplo porque se forma más gas durante la electrólisis en una polaridad que en otra.

Las discusiones en las situaciones experimentales de descomposición son un escenario que puede permitir la problematización y desarrollo de ideas sobre los elementos químicos, gracias a que en estas se promueve la descripción y análisis de los elementos en distintas interacciones. Es de resaltar, que no hay una única manera de descomponer una sustancia en sus elementos constituyentes, es por eso que estudiar las situaciones experimentales brinda herramientas al docente y a los estudiantes para explorar y caracterizar los elementos químicos en la identificación y definición de su comportamiento.

4) Las situaciones experimentales de composición del agua, permiten reconocer que deben existir unas interacciones entre el hidrogeno y el oxígeno en donde este primero está en una proporción de 2 a 1, esto aporta criterios para definir en qué proporciones se forma una sustancia y en qué condiciones se da la unión de elementos químicos en acción de la electricidad.

En síntesis, las situaciones experimentales aportan un mundo experiencial para hacer referencia a los elementos y sus diferentes comportamientos que en su descripción enriquecen las explicaciones que se tienen de estos.

Además de enriquecer las explicaciones en un balance general del análisis y reflexión de cada capítulo, fue posible determinar unos aspectos importantes para la caracterización y estudio de los elementos químicos en el aula desde el estudio del fenómeno de la composición y la descomposición del agua, entre las reflexiones se destacan las siguientes:

Sobre el estudio del elemento químico desde la composición y descomposición del agua.

El elemento químico en este trabajo cruzó por varias reflexiones y caminos que convergieron al estudio del agua desde su descomposición y composición. Se comienza entonces por una diferenciación de los términos elemento, sustancia y átomo, desde la revisión y análisis de fragmentos en fuentes primarias; lo que condujo al establecimiento de un criterio para iniciar los estudios de los elementos químicos, este criterio consiste en descomponer las sustancias para analizarlas y así mismo los elementos que la componen.

El criterio que orienta este estudio es ante todo experimental, y parte de ideas de Boyle y Lavoisier, donde ambos ponen de manifiesto la necesidad de estudiar los componentes de las sustancias en su descomposición, como afirma Lavoisier:

> *El principio que orienta los experimentos químicos consiste en la descomposición de cuerpos naturales, para así luego, por separado examinar las diferentes sustancias que entran en su composición. Esta es una forma de análisis químico que ha permitido grandes progresos en nuestros tiempos. (Lavoisier, 1789, p.129)*

En la descomposición hay otro criterio y es el de examinar lo que compone una sustancia. Para este caso que se toma el agua como objeto de estudio, entrar a definir qué elementos químicos la componen no es tan evidente desde la cotidianidad, por ello se propone experimentar y mediante un análisis químico concluir que el agua está compuesta de hidrógeno y oxígeno en unos volúmenes fijos. El agua ya había sido estudiada por Lavoisier y Faraday, aunque ambos muestran la descomposición del agua, también destacan una serie de formas de identificación de estos gases, así como su composición, es decir recomponer el agua luego de descomponerla.

Los criterios experimentales que orientan las acciones en las situaciones propuestas para la enseñanza, surgen del análisis de los trabajos de Lavoisier y Faraday en relación a la composición y descomposición del agua. Pero también surgen de la experiencia que brinda el diseño de propuestas de aula, acá se hace evidente algunos aspectos técnicos en la experimentación, que se suelen pasar por alto en textos o

fuentes primarias tanto en Lavoisier o Faraday; es de recordar que ellos hacían experimentos para sustentar sus planteamientos teóricos y comunicarlos, pero para abordar algunos de los montajes experimentales es necesaria una recontextualización de los experimentos además de modificaciones para poder realizarlos en esta época.

En la comprensión de los elementos químicos que parten del estudio del agua, al iniciar por el estudio de su origen, los estudiantes plantean concepciones de esta en la que la homogeneidad y la inmutabilidad predominan; esto refleja que el agua ya se comprende como una sustancia cuya composición no es cuestionada, aunque algunos afirmen que el agua está compuesta de hidrógeno y oxígeno porque lo escucharon o leyeron, o que su símbolo es H_2O, esto no implica que haya comprensiones de fondo de cómo diferenciar un compuesto de un elemento, y cómo se vincula esto con la descomposición o composición del agua; es más es poco plausible que establezcan en qué condiciones experimentales se da esta descomposición, en qué proporciones y desde qué efectos y razonamientos se da cuenta de esto, todos estos aspectos son una tarea que en este trabajo se logra desde el planteamiento de situaciones experimentales.

Iniciar el estudio de la química desde trabajos centrados en lo experimental, permite dar un sentido a las afirmaciones científicas que por lo general no son cuestionadas, pero al mismo tiempo es una dinámica donde la enseñanza de la ciencia no se centra en los productos o conceptos como punto de partida, sino en promover vivencias de procesos de construcción de conocimiento que lleven a esas comprensiones desde lo experimental.

Pensar en los criterios experimentales para estudiar la composición, conduce a una reflexión constante del rol del docente y de los estudiantes en relación a los conocimientos que se promueven desde lo experimental. En este sentido, acá se valora las relaciones conceptuales que crean los estudiantes y el docente desde su propia reflexión y análisis derivados de su conocimiento y su trabajo experimental, donde se prioriza la observación, las mediciones y la resolución de preguntas orientadas a

perfilar las descripciones. Se trata de crear ideas y descripciones en situaciones que enriquecen cómo se comprende el agua, cómo se compone y descompone.

Las ideas que se construyen de las sustancias y los elementos, parten de un análisis de una serie de situaciones que constituyen un campo de experiencias que al organizarlas, se identifica lo más relevante, los aspectos comunes, y se clasifican los efectos y sus condiciones de producción, lo que permite estudiar en el agua sus propiedades y su comportamiento en situaciones como: la destilación, la descomposición del agua cuando interactúa con carbón en presencia de calor, así como en la electrólisis. Para finalmente componerla por acción de la electricidad.

Hay varios centros de análisis en este trabajo:

- *El análisis experimental y la selección de experimentos para producir la descomposición del agua y su composición en la escuela desde situaciones experimentales.*

Los análisis experimentales parten de forma inicial de un análisis de las fuentes primarias, donde se seleccionan los experimentos a realizar, se piensan y se modifican teniendo presente una intencionalidad. En este proceso se tiene en cuenta que para seleccionar los fragmentos que hacen referencia a los experimentos a realizar en la escuela estén enfocados primero a la composición y descomposición del agua, y que reflejen cómo se realizan los experimentos, qué preguntas se plantean, y tomando esto como recurso para la enseñanza, el docente pueda tener criterios para decidir qué experimentos realizar, en qué orden y qué preguntas proponer , y así diseñar situaciones experimentales orientadas al trabajo de aula.

En la lectura de fuentes primarias alrededor de experimentos enfocados a la composición y descomposición de agua, se logra diferenciar los experimentos propuestos por los científicos de las situaciones planteadas para la enseñanza. Primero que todo porque las situaciones son el resultado de recontextualizar los experimentos desde unas intenciones investigativas ligadas a lo que le interesa al docente, así como en lo que quiere promover en los estudiantes.

Esta recontextualización sigue una serie de pasos en esta investigación, el primero consiste en leer de forma minuciosa el experimento en el texto original, partiendo del hecho de que cada término constituye un lenguaje y connotación particular cuyo sentido viene dado por los supuestos teóricos del pensador, estos supuestos se interpretan del análisis de fragmentos donde cada pensador hace énfasis al sentido que adquieren sus ideas y terminologías. Luego se realizan los experimentos y en su modificación, se proponen nuevas preguntas y sentidos para orientarlos a un contexto escolar con situaciones experimentales.

En las modificaciones que se realizan de los montajes se buscó que cada experimento modificado se observaran los mismos efectos producidos en experimentos realizados siglos atrás, y esto con el fin proponer situaciones de estudio en la escuela.

- *Se analizan los fragmentos a nivel histórico para dar cuenta de las diferentes miradas de elemento, sustancia y átomo.*

Los fragmentos de algunos científicos como Boyle, Lavoisier y Faraday muestran una interrelación entre elemento químico, sustancia simple y átomo al analizar vínculos y diferencias entre estos, cada concepto que se estudia trae de fondo un sustento experimental en métodos de análisis ya que tanto el elemento y el átomo se convierten en conceptos abstractos que se producen a nivel experimental y no son naturales. Las interacciones que se seleccionan son pertinentes para derivar estrategias para el estudio de estos conceptos y su enseñanza.

- *Se analizan las descripciones de los estudiantes y el rol de las preguntas para definir criterios para la enseñanza de los elementos químicos en estudios de composición y descomposición del agua**.***

De cada uno de los análisis planteados se reflexiona de forma constante en el rol del experimento en la enseñanza, el rol de las preguntas así como de las dinámicas que se generan alrededor de los experimentos en las descripciones.

Sobre el experimento y las situaciones experimentales

En la enseñanza de la química resulta significativo el papel del experimento, en este trabajo este aspecto se desarrolla con situaciones experimentales donde se piensa en su función para la enseñanza, los recursos para proponerlas, así como el rol que le da el docente.

Las situaciones experimentales son una herramienta para que los docentes como los estudiantes creen conocimientos en la organización y producción de efectos en una serie de experimentos. Lo experimental constituye gran parte del proceso de enseñanza. En ese trabajo se muestra una mirada innovadora y alternativa para promover en la escuela la construcción del conocimiento derivado de una organización experiencial, con el fin de lograr comprensiones en la escuela. La característica central de las situaciones experimentales es su utilidad para explorar y caracterizar una clase de efectos y comportamientos, en este caso del agua, en situaciones de composición y descomposición del agua. Las situaciones experimentales orientadas a un ámbito escolar son ante todo experimentos que se caracterizan por tener en este trabajo lecturas introductorias, procedimientos, preguntas, tareas a realizar en el experimento, así como problemas ideales para repensar lo observado; todo esto da contexto a los experimentos y les brinda una orientación y sentido

El primer recurso para la proposición de situaciones experimentales en la escuela, consiste en analizar experimentos y fragmentos de textos, o fuentes primarias de científicos como Lavoisier y Faraday alusivas a la composición y descomposición del agua. Luego de entender cómo realizar el experimento y las ideas con las que se describe, se discrimina los procedimientos empleados, los aspectos que se enfatizan del fenómeno; y se piensa además cómo emplear los materiales que se dispone en el laboratorio de la escuela y los que se pueden conseguir para llevar a cabo el experimento.

De este último punto se deriva el segundo recurso para la proposición de situaciones experimentales, esto es la realización de los experimentos por parte de los docentes. Para ello se debe pensar cómo llevarlos a cabo, determinar qué modificaciones necesita un experimento que inicialmente fue realizado hace siglos, esto permite

conseguir unos montajes un poco distintos a los propuestos originalmente por los científicos, de este modo se hace una innovación con fines didácticos.

Las observaciones realizadas de cada experimento, ya modificado, de descomposición y composición del agua, constituyen en su conjunto una serie de experiencias que le sirven al docente para plantear unas preguntas y problemas con el ánimo de que los estudiantes definan: 1) los efectos observados. 2)las condiciones de producción de esos efectos de forma descriptiva y práctica, 3) las características que permiten definir cómo el agua se compone de hidrógeno y oxígeno desde la organización de experiencias; 4) y por ultimo definir de forma trasversal en qué condiciones se produce la destilación, la electrolisis, la descomposición y composición del agua.

En las situaciones planteadas, el experimento se asume con un rol donde se amplía la experiencia de los estudiantes pero al mismo tiempo permite construir relaciones conceptuales. La experiencia se amplía en cada experimento propuesto ya que en cada uno de estos los efectos aunque sean distintos, no deja de observarse una descomposición o composición del agua, unas veces en acción del calor y otras por electricidad. La observación de nuevos efectos es uno de los elementos que permite ampliar la experiencia, así como la determinación de condiciones de producción de efectos a nivel descriptivo y técnico o experimental.

En síntesis el trabajo experimental implica ampliar la experiencia y trascender el uso que se hace de los términos sustancia y elemento. El trabajo en química no es tan sencillo como asumir ahí están los elementos o señalarlos en la tabla periódica, es preciso experimentar en el laboratorio, en sí no están en la naturaleza, hacen parte de un mundo simbólico desde el cual se representa el comportamiento y los fenómenos observados y son el resultado de la construcción de nuevos lenguajes que no son naturales sino que más bien están en un campo representacional muy particular que se inscribe en la química como disciplina. Como tal es necesario crear las condiciones para pensar los elementos de modo que sea posible caracterizar cómo se comportan y qué nos explican sobre el comportamiento de la naturaleza de los cuerpos. Por esto es imprescindible proponer experiencias compartidas, orientadas al trabajo de aula, que

sirvan como referentes desde los que sea posible hablar y construir los sentidos que toman los experimentos de forma conjunta y dialogante.

El docente ya no es el que propone una serie de afirmaciones de los experimentos para comprenderlos desde la autoridad que ejerce, sino que brinda elementos para que el grupo de estudiantes establezcan relaciones con el conocimiento, pensando y organizando sus comprensiones a lo largo de un trabajo experimental.

Un momento relevante al organizar comprensiones de los objetos de estudio, es la ampliación de efectos desde las observaciones que se derivan de los montajes y situaciones experimentales que propone el docente, pero este momento no se compone solo de observaciones también media de forma trasversal un aprendizaje de técnicas de medición que de forma implícita se van promoviendo en la dinámica de aula, por ejemplo se señala cómo medir la temperatura, cómo almacenar un gas para medir su volumen y demás procedimientos que en los experimentos se van promoviendo.

Un aspecto relevante en las técnicas y su enseñanza es lo que se promueve, por ejemplo cuando se abordan situaciones donde resulta pertinente hacer una medición, como el medir el volumen de un gas. las estrategias a nivel colectivo de pensar en la forma de medición, puede conducir a la creación de aparatos, a la investigación, y al establecimiento de criterios de medida, estableciendo por ejemplo desde donde se comienza a medir, cuándo, en qué condiciones se dice que hay una medida, etc.

Formas de descripción en la composición y descomposición del agua:

En las formas de descripción de la composición y descomposición del agua, se construyen ideas que han de tener coherencia a lo largo de cada experimento. Acá se encuentra que no todas las ideas son igual de relevantes, unas describen mayor número de eventos que otras, y otras por el contrario son superfluas, el objetivo en este sentido consiste en proponer preguntas que encaminen a los sujetos a la formulación de ideas que aporten a la descripción de las situaciones observadas a propósito del

estudio de la composición y descomposición del agua, así como evitar el establecimiento de ideas que no aportan a la comprensión de los efectos observados.

Las situaciones experimentales en el trabajo de aula, y su análisis, permiten reafirmar que con solo ver una sustancia o elemento, no es suficiente para caracterizarlos, se deben construir los significados y sentidos que toman las comprensiones y lo experimental para estudiar los elementos.

Para orientar la comprensiones y lo experimental, se plantea al inicio de cada actividad, preguntas, lecturas y en la discusión se valida lo que se describe, así en el trascurso de los experimentos cada grupo de estudiantes empieza a compartir un sentido desde las preguntas e intereses que surgen al discutir sobre lo que observan.

La observación es intencional en todo momento, y para orientarla, es una buena estrategia proponerle a los estudiantes dividir en momentos cada experimento sin ninguna pregunta, frente a esto se encuentra lo que ellos priorizan al describir los efectos y las condiciones de producción. Luego se proponen preguntas para refinar las observaciones y destacar diferentes aspectos del mismo fenómeno que se quieren priorizar, de este modo se busca el establecimiento de ciertas relaciones o construcción de ideas para explicar. Estas preguntas enfatizan en cada parte del experimento y lo que sucede en este y su relación con las demás; de este modo se configuran descripciones y formas de hablar del agua desde su composición y descomposición.

Lo experimental implica la descripción de situaciones y efectos, en este caso de la composición y descomposición del agua, pero también la intervención misma en el experimento con el diseño de aparatos, o mediante la incursión de nuevos elementos que modifican ligeramente las condiciones de observación, esto amplia los efectos y fomenta el ingenio y la curiosidad en la escuela; se trata de la descripción y la intervención en el experimento, es decir de experimentar.

Las experiencias que los sujetos tienen al realizar un experimento son muy variadas, las descripciones se van modificando en la medida que el conocimiento del agua y su descomposición se va reorganizando, y ello es posible cuando el individuo cuestiona el

comportamiento del agua al descomponerse o componerse, hace preguntas, modificando las condiciones en las cuales fue propuesto inicialmente el experimento, lo interviene y experimenta nuevas influencias, las cuales lo llevan a construir nuevas descripciones.

Así como se logran avances en la intervención o experimentación, los alcances de las descripciones tienen una grandes bondades; a nivel conceptual se promueven una serie de lenguajes para dar cuenta de los experimentos. A medida que se construye un lenguaje, se avanza en la organización de comprensiones y a medida que se amplían las situaciones experimentales cambian también las terminologías empleadas en su descripción.

Como docente se hace necesario enfatizar en la organización de las comprensiones derivadas de lo experimental, dividiendo esta actividad y haciendo explicitas sus partes para comprenderla, de allí surge la intención de pensar en momentos para la descripción de cada experimento.

Otro aspecto ligado a las descripciones además de las situaciones, es la intencionalidad que brinda el docente en las preguntas que propone para orientar las descripciones que se enfocan principalmente a la determinación de:

- ✓ Condiciones de producción de efectos
- ✓ Efectos (cambios)
- ✓ Formas de medición.
- ✓ Comparaciones de datos.

Todo esto permite configurar una serie de ideas sobre los elementos y las sustancias, en este caso del agua, en situaciones de composición y descomposición. Así se constituye un sistema dentro del cual se presentan relaciones que permiten comprender las situaciones estudiadas.

La descripción es un ejercicio que se puede dinamizar con la intervención del docente. El docente puede fomentar el desarrollo de nuevas preguntas, cuando los estudiantes realizan afirmaciones y estas a su vez pueden llevar nuevas experiencias en el aula,

experiencias que surgen como una necesidad de aclarar algo en el experimento que se busca comprender, por ejemplo diferenciar el vapor de un gas. En la descripciones que emergen de los estudiantes el docente debe estar atento para proponer nuevas experiencias, poner en discusión estas ideas y sacar de ellas un provecho pedagógico, esto promueve una práctica para pensar lo ya organizado del objeto de estudio, con el ánimo de reestructurar las ideas de una forma consistente, es decir que permita hablar de lo experimental sin entrar en contradicciones con esta actividad.

Otro aspecto para fomentar la descripción, ampliar la experiencia y su comprensión, es la necesidad de proponer momentos o escenarios para que se den debates y cuestionamientos. Una estrategia para los debates es precisar los términos que se usan y diferenciarlos según el caso, por ejemplo diferenciar un gas del vapor. La diferenciación de términos o conceptos pueden partir de la formulación o proposición de nuevas situaciones o de conocimientos provenientes de textos o resultados experimentales, es muy posible que las organizaciones conceptuales de los estudiantes no se precisen de forma detallada durante el uso de algunos términos en las descripciones. Por ello la diferenciación de los términos se propone con el fin de que el grupo de estudiantes pueda comunicar las ideas en otros contextos, y para ello se deben usar lenguajes comunes y consensuados producto de debates e investigación permanente.

Luego de organizar una serie de comprensiones en la escuela producto de un trabajo experimental, donde no se parte de alguna teoría de antemano para explicar los comportamientos del agua, se puede encontrar que lo que dicen los estudiantes puede no concordar con lo que plantea un texto escolar, pero esto no debe preocupar al docente, por el contrario muestra que los términos que se usan para describir los experimentos deben estar en constante precisión y organización, mejor si parten de un bagaje experiencial ya organizado o si se propone en un trabajo de aula, sin dejar de aproximar estas formas de hablar a lo se plantea en un lenguaje químico.

Otro momento esencial para las descripciones en la escuela, es proponer un momento de síntesis y reflexión de lo que se va construyendo a lo largo de los experimentos.

Este es un momento de decantación en donde se busca que todas las ideas que se generan de todo el entramado de efectos se orienten con una estructura en la que se identifiquen los elementos esenciales en la descripción de cada experimento, la descripción no se debe centrar solo a la resolución de preguntas que propone el maestro, sino dirigirse también a momentos de síntesis para reorientar los intereses y dirigir los esfuerzos al desarrollo de nuevas preguntas formuladas por los estudiantes y el docente.

Las síntesis de lo que se describe y la diferenciación de los componentes o aspectos más centrales del experimento, se considera permiten fomentar la organización de las descripciones donde se expresa que sucede en cada experimento, cómo se vincula un experimento uno con otro, determinando aspectos comunes y diferencias que aportan a la comprensión de los elementos y las sustancias, al experimentar con el agua.

Todo lo anterior sobre las situaciones experimentales, constituye para el docente una forma de profundizar desde los análisis históricos, en el rol del experimento, en el papel de la descripción en el aula, así como en la conceptualización derivada de análisis de fuentes primarias que aportan a la formación docente, así como a la incidencia de prácticas educativas enfocadas en la construcción de saberes desde un enfoque experimental, innovador que reconocer el rol del docente y de los estudiantes como una comunidad que construye formas de pensar y comprender los objetos de estudio en química, en una mirada dinámica y participativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

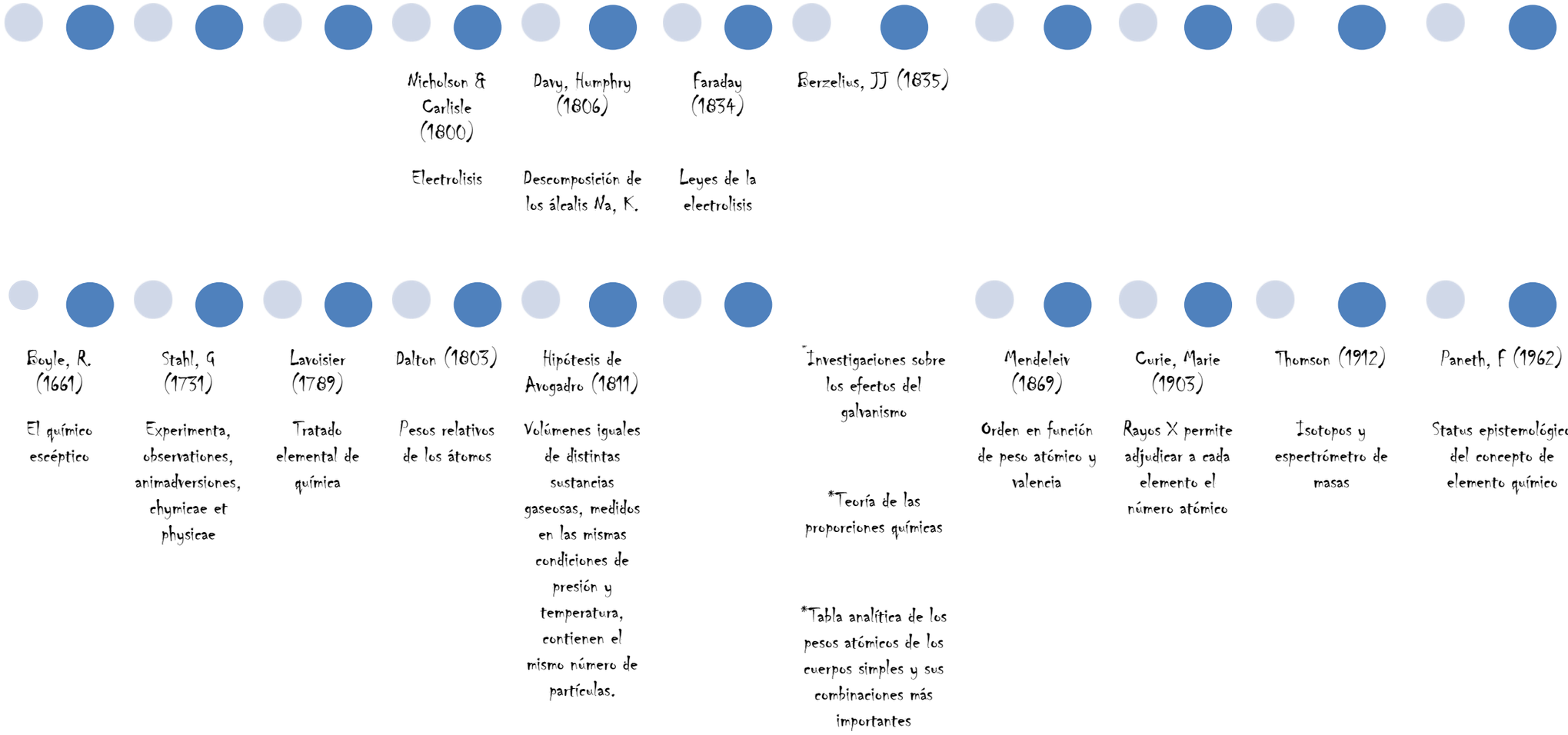
- ✓ Álzate, M. (2005) Elemento, Sustancia Simple y Átomo: Tres Conceptos Problemáticos en la Enseñanza y Aprendizaje Significativo de Conceptos Químicos. Revista Educación y Pedagogía. Vol. XVII No. 43 pp. 178 – 193
- ✓ Arcà, M., Guidoni, P. y Mazzoli, P. (1990) Educación científica y estilos de enseñanza. Paidós, España.
- ✓ Arcà, M., Guidoni, P. y Mazzoli, P. (1990) Enseñar Ciencias. Como empezar: Reflexiones para una educación científica de base. Paidós: México
- ✓ Avogadro, A. (1811). (. Journal de Physique 73, Editor) Recuperado el Agosto de 2013, de Essay on a Manner of Determining the Relative Masses of the Elementary Molecules of Bodies, and the Proportions in Which They Enter into These Compounds: http://web.lemoyne.edu/~giunta/avogadro.html
- ✓ Ayala, M., (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Revista Pro- Posições, v. 17, n. 1 (49) - jan./abr. 2006. Facultad de Educación, Brasil. En http://mail.fae.unicamp.br/~proposicoes/textos/49_dossie_ayalammam.pdf.
- ✓ Bachelard, G. (1976) El Materialismo Racional. Biblioteca del hombre contemporáneo. Buenos Aires: Paidós.
- ✓ Bachelard, G. (1978). Conocimiento común y conocimiento científico. En el racionalismo aplicado. Buenos Aires: Paidós.
- ✓ Boyle, R. (1661) The scepticalchymist: or Chymico-physical doubts & paradoxes, touching the spagyrist's principles commonly call'd hypostatical, as they are wont to be propos'd and defended by the generality of alchymists. Whereunto is praemis'd part of another discourse. London: Printed by J. Cadwell for J. Crooke, 1661. In Smith--Boyle Collection. Boyle 33. http://sceti.library.upenn.edu/sceti/printedbooksNew/index.cfm?textID=boyle_chymist&PagePosition=1
- ✓ Cárdenas, I. (2017) De Los Materiales A Los Metales: Una Propuesta de Aula de la Enseñanza de las Ciencias Naturales. Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico.

- ✓ Dalton, J. (1808). (Manchester, Productor) Recuperado el Julio de 2014, de A New System of ChemicalPhilosophy. http://web.lemoyne.edu/~giunta/dalton.html
- ✓ Estany, Anna (1990). Aspectos Históricos de la Revolución Química. Modelos de cambio científico. Editorial Crítica: Barcelona. pp. 1-29
- ✓ Faraday, M (1834) En Descomposición Eléctrico. Philosophical Transactions de la Royal Society, 124, Chem Team pp.77-122. Extraído en septiembre de 2016 de http://webserver.lemoyne.edu/faculty/giunta/classicalcs/faraday.doc
- ✓ Faraday, M (1839) Las fuerzas de la materia “The forces of Matter and the chemical history of a candle”. EmecéEditores, S.A.: Buenos Aires
- ✓ Faraday, M. (1855) Experimental researches in electricity, vol. I y II, Universi-ty of London, London.
- ✓ Faraday, M. (1934). Experimental Researches in Electricity- seventh series. En R. S. London, *PhilosophicalTransactions.* London: Richard Taylor.
- ✓ Faraday, M. (1971) Investigaciones de la electricidad Series I a V, Traducción. Editorial Universitaria de Buenos Airesvol. I y II, University of London, London.
- ✓ Gay-Lussac, J. L. (1809). *Memorias del Société d'Arcueil2 , 207 (1809) [de Henry A. Boorse y Lloyd Motz, eds., El mundo del átomo , vol. 1 (Nueva York: Basic Books, 1966) (Traducción: Alambique del Club Reimpresión N º 4)]*. Recuperado el Agosto de 2013, de Memoria sobre la combinación de sustancias gaseosas entre síhttp://web.lemoyne.edu/~giunta/gaylussac.html
- ✓ Giordan, A., &Vecchi, G. (1995). Marco Teórico: Dimensiones conceptuales de la idea de "Concepción Personal" Los Orígenes del Saber. Colección Investigación y Enseñanza Diada Editora S. L.: Sevilla.
- ✓ Gómez & Flórez (2012) Construcción de explicaciones desde la experiencia. Maestría En Docencia De Las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional: Bogotá
- ✓ Guzmán, C.; Méndez, N.; Romero, M.; Sosa, P. (2005) Estrategias para introducir el concepto sustancia y para distinguir cambio químico y cambio físico en alumnos de nivel bachillerato Escuela Nacional Preparatoria, Plantel 3, UNAM. Enseñanza de las Ciencias, Número extra. VII congreso. pp.1-5 http://docplayer.es/34710223-Estrategias-para-introducir-el-concepto-sustancia-y-para-distinguir-cambio-quimico-y-cambio-fisico-en-alumnos-de-nivel-bachillerato.html

- ✓ Hacking, I. (1996). Representar e intervenir, México D.F. México, Paidós, UNAM
- ✓ Hanson, R. N. (2005) Observación. En: OLIVÉ León y PÉREZ RANSANZ Ana Rosa. Filosofía de la ciencia: teoría y observación. México: Siglo XXI.
- ✓ Hegel, W. F. (1968). Enciclopedia de las Ciencias Filosóficas. Instituto Cubano del libro. (1999). Investigaciones Lógicas 2. En E. Husserl. Universidad Alianza.
- ✓ Lavoisier, (1789) Tratado elemental de Química. Tomos I y II. Imprenta Real: Madrid 327p.
- ✓ Linares, R. (2004) Elemento, átomo y sustancia simple. Una reflexión a partir de la enseñanza de la tabla periódica en los cursos generales de química. Tesis doctoral. Universitat autónoma de Barcelona p.464http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/4709/rmlll1de2.pdf;jsessionid=4A4137625CFB5453DF025DB28F8BC1DA?sequence=1
- ✓ Malagón, J. F., Sandoval, S., Ayala, M. M. (2013) La actividad experimental: Construcción de fenomenologías Praxis Filosófica Nueva serie, No. 36, enero-junio 2013: 119 – 138 http://www.scielo.org.co/pdf/pafi/n36/n36a06.pdf
- ✓ Nicholson, W. (1808) A Dictionary of Practical and Theoretical Chemistry. Richard Phillips, No. 6: Bridge-Street. 907p.
- ✓ Paneth, F. A. (1962) “The Epistemological Status of the Chemical Concept of Element (I y II)”, The Brithist Journal for the Philosophy of Science, vol. XIII, núm. 49, pp. 1-14; 144-160.
- ✓ Proust, J. L. (1806). (Journal de Physique 63, Productor) Recuperado el Julio de 2014, de Sur les mines de cobalt, nickel et autres: http://web.lemoyne.edu/giunta/proust2.html
- ✓ Pullman, B. (2010) Cap. 13... El átomo en la historia de la humanidad. Ed. Intervención cultural. Biblioteca Buridán. Translatedby, Josep Sarret Grau..
- ✓ Revista Journal Science. http://www.sciencedirect.com/science/journals
- ✓ Reyes, J.D. (2014) La organización de la experiencia y la elaboración de conceptos. Fase inicial de la constitución de los conceptos de átomo e ion / Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y enseñanza de las ciencias - No. 8 , 2014 / ISSN 1313-2143 / Análisis Histórico-Críticos p.p. 13-25 http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/RFC/article/view/2516/2338

- ✓ Roundy, W. H., Jr, (1989) “What Is an Element?”,Journal of Chemical Education, vol. 66, núm. 9, pp. 729-730.
- ✓ Sandoval, S. & Ariza, E. (2016) Fenomenología de la Transformación de las Sustancias. Módulo de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional
- ✓ Stahl, G (1731) Experimenta, observationes, animadversiones, chymicae et physicae. AmbrosiumHaude: Berolini. 420 p.
- ✓ Valencia, S. Méndez, O. y Jiménez, G (2006) los saberes de las representación o de como imaginar la escuela. Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado, 9 (1)

ANEXO 1. LINEA DEL TIEMPO



ANEXO 2. EXPERIMENTEMOS CON EL AGUA

Sobre El Origen del Agua



NOMBRES:_____

Realiza la lectura, contesta las preguntas y prepárense para la socialización.

Desde muy temprana edad alguna vez nos hemos preguntado sobre el origen de las cosas, de las sustancias y todo lo que nos rodea. Unas veces indagamos al respecto otras veces nos cuentan nuestros padres, conocidos o maestros sobre el origen de algunas cosas. Cuando abrimos los grifos de la cocina muchas veces sabemos que proviene de los ríos que de alguna manera llegan a un sistema desarrollado por el acueducto y luego a nuestros hogares. Pero cuál fue el origen de esta sustancia en la tierra, cómo se formó, ¡De donde salió el agua que hay en la tierra!



Como bien sabemos, el agua no estuvo en la tierra desde su comienzo esta tuvo que haberse formado a una temperatura específica, presión, y con determinados elementos. Es decir hubo unas condiciones que permitieron en su momento la creación de esta sustancia que apareció en estado sólido, líquido o gaseoso, en alguno de estos tres estados.

Algunos científicos han creado algunas teorías sobre el origen:

En la primera teoría se considera que en el comienzo de la creación, la temperatura de la Tierra era muy alta y con numerosos impactos de meteoritos que traían agua. De este modo llego el agua del "cielo". También se producían en su superficie muchas explosiones y erupciones volcánicas que expulsaron a la atmósfera, entre otras cosas, vapor de agua.

Cuando la Tierra primitiva se fue enfriando, gracias a la protoatmósfera (primera atmósfera), este enfriamiento permitió que el vapor de agua presente en la atmósfera primitiva se condensara y se produjeran las primeras lluvias, lo que dio lugar a la formación de los océanos.

Todo esto se supone que ocurrió hace aproximadamente 4.000 millones de años. Ahora se sabe que la Tierra es el único planeta que presenta agua en estado líquido.

La segunda teoría es que de un proceso extenso los volcanes se permito la creación del agua. Para clarificar este proceso propongo lo siguiente:

Intentemos imaginar una gran masa incandescente que va enfriándose lentamente, siguiendo la tendencia de un universo en expansión. Poco a poco, la corteza se va enfriando y se vuelve sólida. La temperatura desciende y permite la formación de una corteza estable, pero sin atmósfera. Pero bajo esa delgada capa se mantiene una intensa actividad volcánica, de un planeta joven, casi fundido. Las reacciones a altas temperaturas, 800 grados kelvin o lo que es lo mismo, unos 567 grados centígrados entre átomos de hidrógeno y oxígeno forman el agua primigenia. Estas moléculas forman parte de los distintos gases lanzados a la superficie en forma de vapor por los innumerables volcanes en erupción existentes. Parte de este vapor de agua pasa a formar parte de la atmósfera primitiva. Otra parte se enfría y condensa para formar el agua líquida y sólida de la superficie terrestre. Un proceso que tardó millones de años, donde las evidencias experimentales actuales demuestran que el agua está presente en la Tierra desde hace unos 3.800 millones de años.



Frente a las teorías que se plantearon, muchos científicos apoyan en la actualidad un modelo complementario de estas dos teorías, de manera que los puntos fuertes de ambas generan una teoría más sólida: parte del agua se originó en la Tierra por reacciones a elevadas temperaturas y erupciones volcánicas, y la otra parte

provino de los cometas. Esta idea concuerda también con el planteamiento de que la atmósfera y los océanos se desarrollaron juntos. En síntesis, durante el proceso de erupciones, se generó vapor de agua a partir del oxígeno y el hidrógeno, lo que dio origen a las primeras lluvias, producto de su condensación en la atmósfera. El agua de estas precipitaciones se fue acumulando líquida en las zonas más profundas de la corteza, lo que permitió la formación de mares y océanos. En paralelo cometas, asteroides y fragmentos estelares impactaban en el planeta. Agua, tierra y aire empezaron a interactuar de forma bastante violenta ya que, mientras tanto, la lava emanaba en abundancia por múltiples grietas de la corteza, que se enriquecía y transformaba gracias a toda esta actividad.

¿Cuál cree que es el origen del agua?

¿Qué ocurre cuando se condensa el vapor de agua?

Cuando se enfría el vapor de agua está pasa de estado gaseoso a líquido, ¿por qué crees que ocurre esto?

¿Cuáles son los procesos cíclicos del agua?

Escriba con sus palabras otra idea del origen del agua

Experimento 1. Destilación

Como discutimos en la actividad anterior el agua es una sustancia que tiene un origen y que ha tenido unos procesos de transformación en nuestro planeta, de lo cual pudimos concluir que el agua tiene unos procesos cíclicos y que no es posible afirmar que el agua se acabe. También nos cuestionamos sobre la posibilidad de fabricar o sintetizar agua e incluso de su posible descomposición. En este experimento vamos a trabajar con algunos procesos físicos asociados al agua….

NOMBRES:_____

OBJETIVO: Observar y caracterizar ciertos comportamientos del agua cuando se ponen en interacción sus propiedades

OBJETIVO ¿QUÉ SE PROPONEN?:

_____

_____

_____

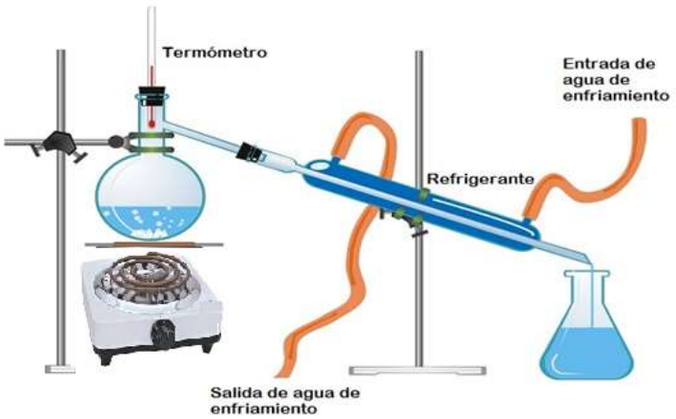
MATERIALES:

- 1 Balón con desprendimiento lateral
- 1 Tubo refrigerante lineal
- Soporte universal
- 2 Pinzas para balón
- 1 Termómetro
- 2 Mangueras
- 1 Beaker
- Estufa
- 1 Probeta

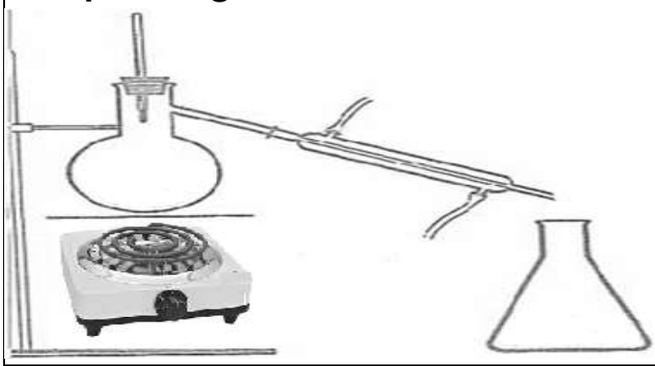
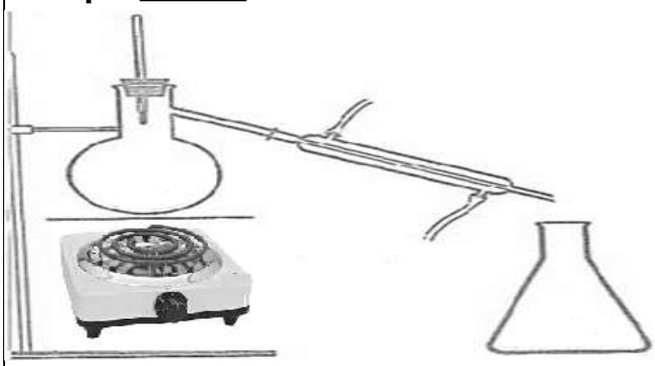
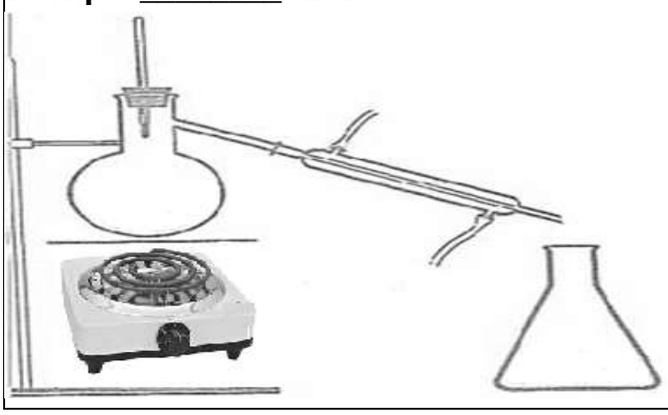


PROCEDIMIENTO:

1. Ubique dos soportes universales y ajústele las dos nueces dobles y las dos pinzas para balón
2. Ajuste el balón con desprendimiento lateral a una pinza y conecte el desprendimiento al tubo refrigerante, este ajústele a la mitad una pinza.
3. Conecte y abra las llaves de refrigeración al balón
4. Llene el balón de 100 mL de agua destilada
5. Ubíquele en el orificio del tapón de caucho un termómetro y tape con este el balón.
6. Ubique debajo de la salida del tubo refrigerante un beaker
7. Ubique y encienda la estufa debajo del balón
8. Mida con una probeta la cantidad de agua destilada (en el beaker) y si quedo en el balon.



En la siguiente tabla dibuja y describe lo observado en cada uno de los momentos del experimento.

MOMENTO 1	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo 0 seg inicial 	
MOMENTO 2	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo _____ 	
MOMENTO 3	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo _____ final 	

PREGUNTAS ORIENTADORAS DEL EXPERIMENTO 1

1. ¿Qué le sucede al vapor cuando se enfría?

2. La masa del agua al comienzo, es decir antes de hervir, y luego de que se destila y se recoge aumenta, disminuye o permanece igual. Describa que sucede.

3. Cuando el agua hierve que dirección toma el vapor y porque…?

4. Algunos vapores son volátiles. Si acercas el vapor a una vela que observas. Si cambia o no cambia explique ¿qué sucede?.

5. Algunos gases a veces reaccionan a las chispas. Si le acercas una chispa al vapor ¿qué sucede?.

Ampliación del experimento

Si hervimos agua y encerramos el vapor de agua en un globo, que le ocurrirá cuando se enfría.

Si se encierra el vapor que se observa al hervir el agua en un globo. Luego, se enfría el globo que le ocurrirá al volumen del globo y al vapor del agua.

Experimento 2. Transformaciones del agua por acción del calor

Como describieron y observaron que el agua tiene unos procesos cíclicos hacen parte de esos cambios físicos asociados al agua. El vapor de agua es una mezcla entre los estados líquido y gaseoso, que al interactuar con otras sustancias como el carbón y el calor sufre un proceso de transformación química….

NOMBRES:_____

OBJETIVO: Observar y caracterizar ciertas transformaciones del agua cuando interviene el carbón activado en presencia de calor.

OBJETIVO ¿QUÉ SE PROPONEN?:

_____

_____

MATERIALES:

- 1 Balón con desprendimiento lateral
- 1 Tubo refrigerante lineal
- 2 Pinzas para balón
- 1 Pinzas para bureta
- Soporte universal
- 1 Beaker
- Estufa
- 2 Probetas
- 1 Termómetro
- 3 Mangueras 3/8" o ¼"
- 1 Manguera de látex 3/8"
- Recipiente plástico
- Agua
- Carbón activado Papel tornasol universal, rojo o azul.
- Encendedor

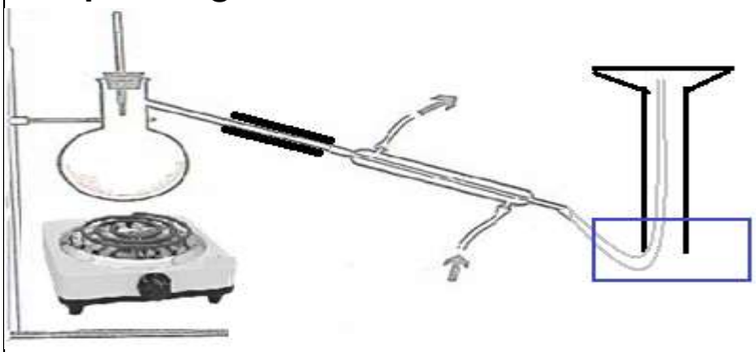
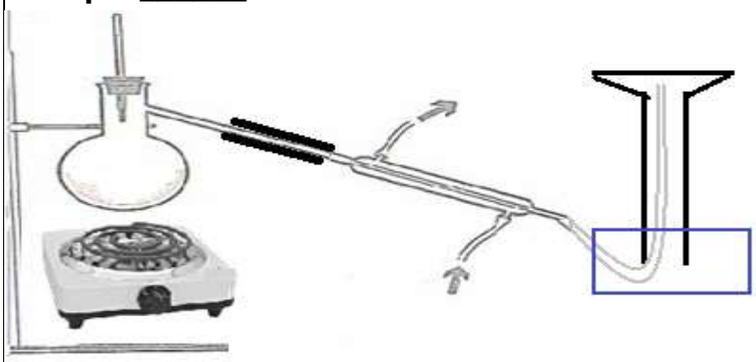
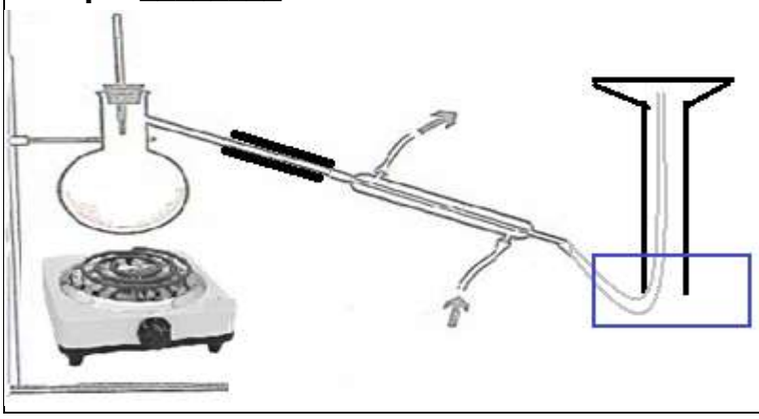


PROCEDIMIENTO:

1. Ubique tres soportes universales y ajústele las tres nueces dobles con las pinzas dos para balón y una para bureta.
2. Ajuste el balón con desprendimiento lateral a una pinza y conecte con manguera de látex un tubo de vidrio y este tubo sujételo a la mitad con una pinza para bureta al soporte.
3. Conecta el otro extremo del tubo al orificio de un tampón de caucho y ajústelo al tubo refrigerante, sujételo a la mitad con una pinza para balón.
4. Conecte las mangueras al tubo refrigerante lineal y abra las llaves de refrigeración.
5. Sujete una manguera de 3/8" en la salida del tubo refrigerante lineal y el otro extremo a una probeta invertida
6. Llene e invierta una probeta con toda su capacidad de agua sobre un recipiente plástico (Sostenga la probeta durante el experimento)
7. Ubique una manguera en la salida del tubo refrigerante y lleve el otro extremo a una probeta invertida
8. Agregue 1 gramo de carbón activado al tubo de vidrio
9. Llene el balón de 50 mL de agua destilada
10. Ubique en el orificio de un tapón de caucho un termómetro y tape con este el balón.
11. Ubique y encienda la estufa debajo del balón
12. Mida el volumen de gas desplazado en la probeta invertida.
13. Acerca la llama de un encendedor a la mezcla de gases obtenidos
14. Coloca el papel tornasol en interacción con la mezcla de gases y observe.
15. Mida con una probeta la cantidad de agua que quedo en el balón.



En la siguiente tabla dibuja y describe lo observado en cada uno de los momentos del experimento.

MOMENTO 1	DESCRIPCIÓN
Tiempo 0 seg inicial 	
MOMENTO 2	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo _____ 	
MOMENTO 3	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo _____ final 	

PREGUNTAS ORIENTADORAS DEL EXPERIMENTO 2

1. Cuando el agua hierve que dirección toma el vapor ¿Por qué?

2. ¿Qué sucede cuando el vapor de agua entra en contacto con el Carbón?

3. Luego del experimento la masa del carbón ha aumentado o disminuido, ¿cómo explicaría esto?

4. ¿Qué sucedió con el vapor de agua en cada uno de los tres momentos?

5. En el momento "3"final hay un desplazamiento del agua en la probeta invertida. ¿Qué crees que produce este desplazamiento?

6. ¿Qué diferencias encuentra con los cambios del vapor de agua en este experimento y el experimento anterior (destilación)?

Situación opcional:

1. Si se encierra en un globo la mezcla de gases que se obtiene por la interacción del vapor el agua y el carbón. Luego, de enfriar el globo que le ocurrirá al volumen de este.

Experimento 3. Descomposición del agua "Electrólisis" y sus burbujas explosivas.

Como discutimos en el experimento anterior el vapor de agua es transformada por acción del carbón activado en caliente donde estos cambios químicos permiten obtener hidrogeno y dióxido de carbono. También nos cuestionamos sobre la posibilidad de transformar el agua en interacción con algunas sustancias con calor y electricidad en relación a situaciones experimentales que transforman el agua e incluso de su posible descomposición. Pero, esta ocasión observaras que la corriente eléctrica que actúa en una solución salina que contiene agua permitirá descomponerla. En este experimento vamos a trabajar sobre la descomposición asociada al agua….

NOMBRES: _____

OBJETIVO: Observar y caracterizar las transformaciones del agua cuando se ponen en interacción con la electricidad.

OBJETIVO ¿QUÉ SE PROPONEN?:

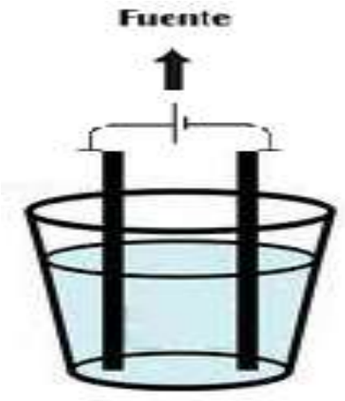
_____

_____

_____

MATERIALES:

- 2 minas 2.0 mm (electrodos)
- 2 cables caimán caimán o delgados de cobre (conexiones de internet)
- 2 pilas de 1,5 y 9 voltios
- 1 Beaker
- 1 recipiente plástico
- Agitador de vidrio
- Cinta aislante
- Agua
- Sal



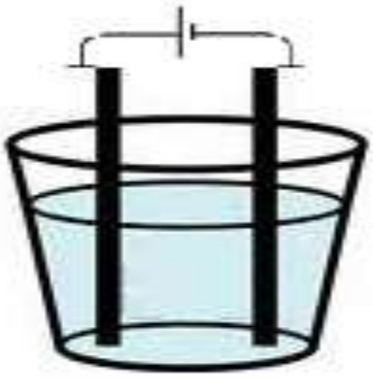
PROCEDIMIENTO:

1. Agrega 10 gramos de sal y 100 ml de agua a un beaker
2. Agite la mezcla (solución salina) del beaker
3. Ubica 2 minas en cada extremo del beaker con ayuda de un recipiente plástico.
4. Conecta dos cables banana caimán a cada mina y los otros extremos del cable a cada uno de los polos positivo y negativo de la pila.
5. Recubra si considera necesario con cinta aislante cada extremo del cable de cobre o banana caimán.
6. Establece relaciones entre los electrodos y los gases que los rodean.
7. Observa el montaje, descríbelo y responde las preguntas orientadoras del experimento.

En la siguiente tabla dibuja y describe lo observado en cada uno de los momentos del experimento.

MOMENTO 1	DESCRIPCIÓN
Tiempo 0 seg inicial 	

MOMENTO 2	DESCRIPCIÓN
Tiempo _____ 	

MOMENTO 3	DESCRIPCIÓN
Tiempo _____ final 	

PREGUNTAS ORIENTADORAS DEL EXPERIMENTO 3

1. ¿Cuál es la diferencia entre las burbujas que se observan y el vapor de agua cuando esta se hierve?

2. ¿Cómo entiendes la conducción eléctrica de una solución salina en contraposición del agua potable?

3. Si cambian de color los electrodos. ¿A qué crees que se debe esto?

4. Describe: ¿Cómo son las burbujas en el electrodo positivo y en el negativo?

5. Cuando se aumenta el voltaje. ¿Qué ocurre en la electrolisis?

Ampliación del experimento

Cuando inflas dos globos uno por cada gas de cada electrodo, ¿qué ocurrirá con cada globo?

Experimento 4. Contando Burbujas Explosivas

Como discutimos en el experimento anterior la corriente eléctrica que actúa en una solución salina que contiene agua la descompone generando un burbujeo en ambos electrodos estas son la evidencia que se producen unos gases. En este experimento vamos a trabajar sobre la descomposición asociada al agua donde realizaremos la medición del volumen de los gases generados en cada electrodo y su identificación….

NOMBRES: _____

OBJETIVO: Observar y caracterizar la descomposición del agua cuando se da una interacción con la corriente eléctrica.

OBJETIVO ¿QUÉ SE PROPONEN?:

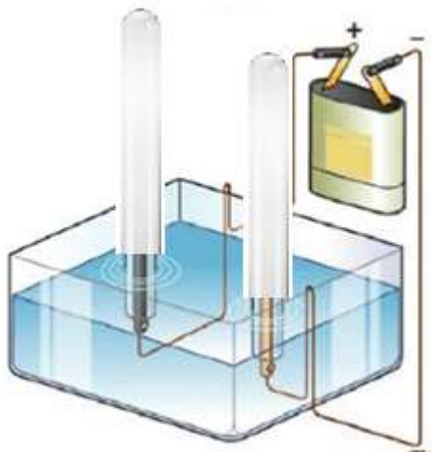
_____

_____

_____

MATERIALES:

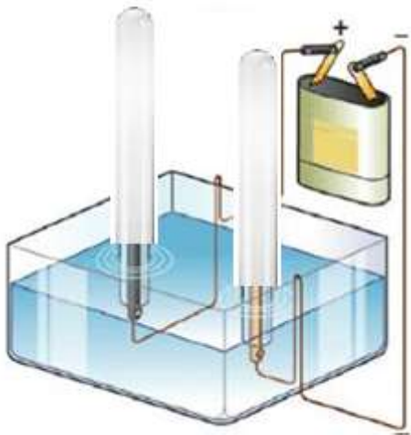
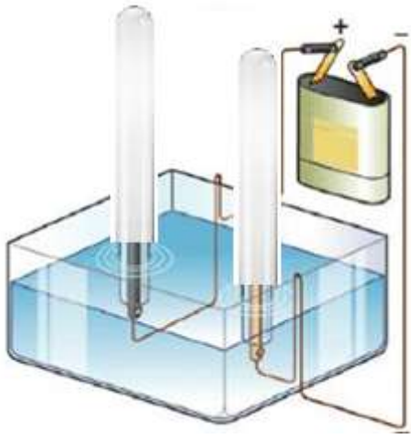
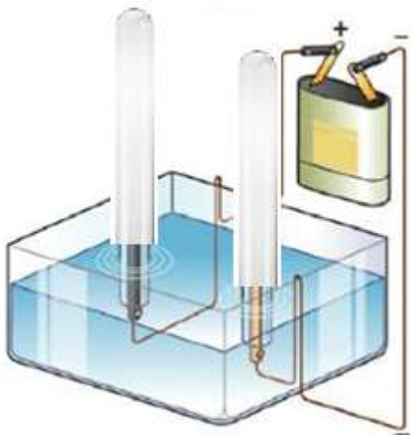
- 2 minas 2.0 mm (electrodos)
- 2 cables caimán caimán o delgados de cobre (conexiones de internet)
- 2 pilas de 1,5 y 9 voltios
- 2 tubos de ensayo
- 1 Beaker
- 1 recipiente plástico
- Agitador de vidrio
- Papel tornasol universal, rojo o azul.
- Encendedor
- Cinta aislante
- Agua
- Sal



PROCEDIMIENTO:

1) Agrega 10 gramos de sal y 100 ml de agua a un beaker
2) Agite la mezcla (solución salina) del beaker
3) Ubica 2 minas sobre un recipiente plástico llenarlo con solución salina.
4) Conecta dos cables banana caimán a cada mina y los otros extremos del cable a cada uno de los polos positivo y negativo de la pila.
5) Recubra si considera necesario con cinta aislante cada extremo del cable de cobre o banana caimán.
6) Llene cada tubo de ensayo con solución salina e inviértalos sobre cada electrodo como se ve en el montaje.
7) Establece relaciones entre los electrodos y el volumen de los gases obtenidos.
8) Saca con cuidado cada uno de los tubos en los que están almacenado el gas y acércalos a una llama.
9) Observa el montaje, descríbelo y responde las preguntas orientadoras del experimento.

En la siguiente tabla dibuja y describe lo observado en cada uno de los momentos del experimento.

MOMENTO 1	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo 0 seg inicial 	
MOMENTO 2	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo _____ 	
MOMENTO 3	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo _____ final 	

PREGUNTAS ORIENTADORAS DEL EXPERIMENTO 4

1) ¿Qué ocurre en los electrodos con el extremo del cable conectado al polo negativo y positivo de la pila?

2) ¿Por qué unas burbujas ascienden más rápido en un tubo que en el otro?

3) ¿Qué proporciones de volumen de gases existe en cada tubo?

4) Construye un organizador gráfico de sus observaciones en el muestre las proporciones de volumen.

5) Realiza pruebas con una vela, una chispa Explica ¿qué sucede? ¿Qué diferencias presentan los gases de cada tubo?

6) Describa el olor del agua y determine ¿qué sustancia asocia con ese olor que se produce en experimento?

7) ¿Qué diferencias encuentras al usar una o dos pilas en el experimento?

Experimento 5: Composición Del Agua.

Como discutimos en los anteriores experimentos el agua presenta cambios de estado y se transforma en presencia de algunas sustancias donde a la vez está expuesta a calor o una corriente eléctrica lo que permitirá que esta sufra el proceso de descomposición. La comprensión de la descomposición como problema de evidenciar que esos gases que se producen se pueden volver a componer en la misma sustancia. En este experimento vamos a trabajar sobre la composición del agua…

NOMBRES: _____

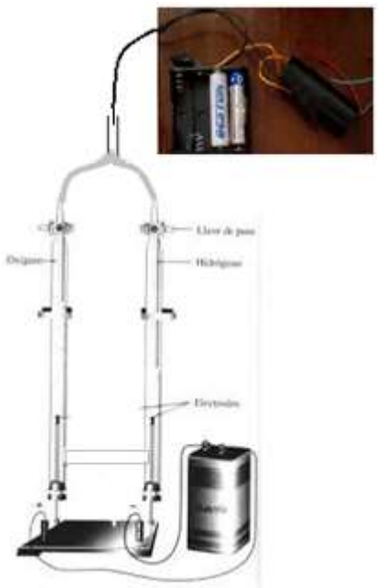
OBJETIVO: Experimentar descomposición del agua para conocer la composición del agua.

OBJETIVO ¿QUÉ SE PROPONEN?:

_____

_____

_____



MATERIALES:

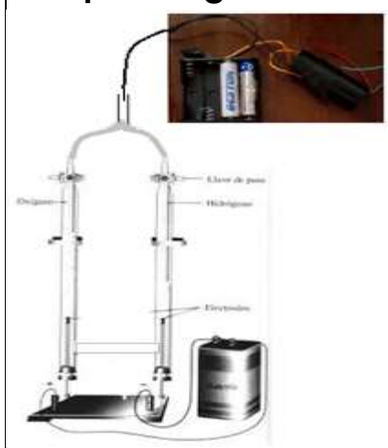
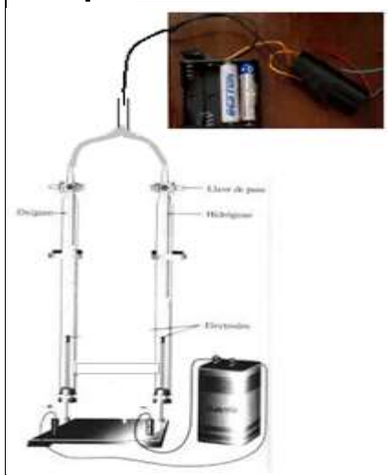
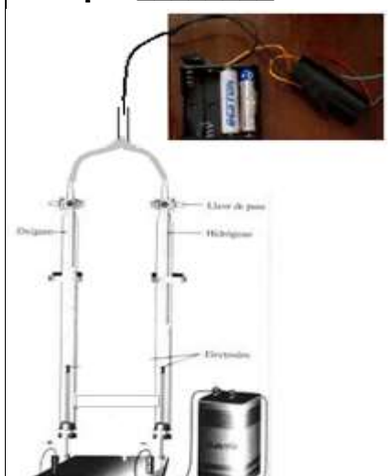
- 2 minas 2.0 mm (electrodos)
- 2 cables banana caimán o delgados de cobre
- 2 pilas de 1,5 y 9 voltios
- 2 pipetas o buretas
- 1 embudo de decantación
- Manguera ¼"
- 1 generador de alta tensión
- 1 Beaker
- 1 recipiente plástico
- Agitador de vidrio
- Cinta aislante
- Agua
- Sal
- Encendedor
- Papel tornasol universal, azul o rojo.

PROCEDIMIENTO:

1. Agrega 10 gramos de sal y 100 ml de agua a un beaker
2. Agite la mezcla (solución salina) del beaker
3. Ubica 2 minas sobre un recipiente plástico llenarlo con solución salina.
4. Conecta dos cables banana caimán a cada mina y los otros extremos del cable a cada uno de los polos positivo y negativo de la pila o fuente.
5. Llene el voltámetro de Hoffman con solución salina e inviértalos sobre cada electrodo.
6. Active el proceso de electrolisis en el agua y obtenga los gases producto de la descomposición en el ánodo[10] oxígeno y en el cátodo hidrogeno.
7. Conecte el generador de alta tensión a las baterías o fuente y en el interior del tubo en T.
8. Abra las llaves de las buretas para que los gases se mezclen ¿qué sucede en interacción con la chispa?
9. Observa el montaje, descríbelo y responde las preguntas orientadoras del experimento.

[10]Ánodo- Polo positivo y Cátodo – Polo negativo

En la siguiente tabla dibuja y describe lo observado en cada uno de los momentos del experimento.

MOMENTO 1	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo 0 seg inicial 	
MOMENTO 2	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo _____ 	
MOMENTO 3	**DESCRIPCIÓN**
Tiempo _____ final 	

PREGUNTAS ORIENTADORAS DEL EXPERIMENTO 5.

1. ¿De qué color es la chispa por fuera cuando esta con contacto con el aire y dentro del Tubo en T antes del contacto con los gases?, explica si hay diferencia y realiza una justificación para explicar lo que sucede.

2. Describa: ¿Qué efectos observa en el experimento en la cantidad de gas al generar la chispa?

3. Realice un dibujo explicando ¿Qué sucede con los gases que están contenido en el tubo en T y lo que le sucede cuando se produce la chispa?

REFLEXIONES SOBRE LA DESCOMPOSICIÓN Y COMPOSICIÓN DEL AGUA

NOMBRE: _____

1. A partir de la siguiente idea de Lavoisier y teniendo en cuenta los experimentos realizados con el agua, argumente en 10 renglones, una idea que evidencie sus propias reflexiones

[…] principios de los cuerpos la idea del último término al que se llega por vía analítica, entonces todas las sustancias que hasta ahora no hemos podido descomponer por ningún medio, son para nosotros otros tantos elementos; no porque podamos asegurar que estos cuerpos que miramos como simples no estén compuestos de dos o más principios, sino porque no habiéndose llegado jamás a separarlos o por mejor decir, faltándonos los medios para hacerlo, son para nosotros unos cuerpos simples, que debemos mirar como tales, hasta que la experiencia y observación nos manifiesten lo contrario- . (Lavoisier, 1789: p.XI)

2. Realiza un gráfico en que contemple con algunos de los símbolos que trabajaron en los momentos de cada experimento y en las preguntas orientadoras de cada experimento, y con esto describa con sus palabras lo que significa para usted el fenómeno de la descomposición y composición del agua.