

Análisis histórico de las leyes de la conservación de la masa, una contribución a la comprensión de la equivalencia y a la formulación de relaciones estequiométricas en reacciones químicas de neutralización.

Elena Díaz Bolívar

Trabajo de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales

**Línea de investigación
Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica
Grupo de estudios histórico críticos y enseñanza de las ciencias**

**Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Física
Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales
Bogotá, D.C. 2020**

Análisis histórico de las leyes de la conservación de la masa, una contribución a la comprensión de la equivalencia y a la formulación de relaciones estequiométricas en reacciones químicas de neutralización.

Elena Díaz Bolívar

Trabajo de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales

Asesores:

**José Francisco Malagón Sánchez
Sandra Sandoval Osorio**

Línea de investigación

**Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica
Grupo de estudios histórico críticos y enseñanza de las ciencias**

**Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Física
Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales
Bogotá, D.C. 2020**

De dicatoría

A mi madre Nazly Bolívar, quien siempre se preocupó por mis estudios desde pequeña, y quien constantemente me apoyo de manera incondicional en este proceso de la maestría, con una palabra de aliento, con su paciencia, con amor para salir adelante con esta meta. Gracias mamita, sin ti este logro no se hubiese podido alcanzar. Este triunfo es para ti.

A mi hermano Marco T. Diaz (QEPD), quien partió de nuestras vidas de modo súbito hace poco, al que seguramente le hubiese gustado verme alcanzar una meta más en vida, sé, hermanito que de estar conmigo te sentirías muy orgulloso de este logro, que me acompañaste desde el cielo en el desarrollo de este trabajo, y que tus extrañas motivaciones a seguir adelante hoy día son una promesa cumplida. Esto es para ti.

A mi hermosa y amada hija, Hellen Sofía, mi más pura fuente de inspiración y motivación para seguir superándome y por quien lucho a diario para disfrutar un mejor futuro juntas.

Agradecimientos

A mis queridos maestros, Sandra Sandoval y Francisco Malagón, tutores de esta investigación, por su sabiduría y sus valiosas orientaciones, apoyo y dedicación en este proceso de transformación. Muchas gracias.

A mi amiga Ana María, quien cada semana me hacía recordar el compromiso con la tesis, tus comentarios siempre generaron presión con mis responsabilidades, gracias por ser tan intensa.

A mi amiga Rachel Catannese, quien con su amistad y corrección de estilo siempre estuvo acompañándome y apoyándome en el proceso.

A todas aquellas personas que de una u otra forma estuvieron presentes en el desarrollo de este trabajo que presento a continuación.

“para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría: en aquellos casos en los que he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos”

Tabla de contenido

1. Capítulo I: CONTEXTO PROBLEMÁTICO	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	2
Revisión de antecedentes	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.2.1 Identificación de problema.....	8
1.2.2 Objetivo general.....	11
1.2.3 Objetivos específicos.....	11
2. Capítulo II: ASPECTOS METODOLOGICOS	12
2.1 Marco metodológico	12
3. Capítulo III: ANALISIS HISTORICO CRITICO: CONSTRUYENDO EL FENOMENO	
3.1 Sobre la conservación de la masa.....	15
3.2 Sobre la equivalencia	20
3.3 Sobre la equivalencia y los fundamentos de esta desde la electroquímica...26	
3.4 Sobre la equivalencia entre ácidos y bases	32
3.5 Consideraciones experimentales sobre el fenómeno de la electrolisis, una práctica determinante en la comprensión de la equivalencia y la proporcionalidad	36
4. Capítulo IV: Conceptualización del comportamiento de las sustancias químicas en una reacción a partir de la construcción de la fenomenología	41
4.1 Análisis histórico-crítico como un punto de partida para la comprensión del fenómeno.....	41
4.2 El análisis histórico y la actividad experimental	44
4.3 Actividad experimental: Entre el fenómeno y la fenomenología	48
4.4 Etapas y diseño de la propuesta de intervención en el aula.....	52
4.5 Validación de la propuesta de aula	60
5. Capítulo V: Consideraciones finales	62
Efectos del docente en los procesos de enseñanza de la estequiometría	63
Efectos de la actividad experimental.....	64
Efectos del análisis histórico	65

Anexo 1. Propuesta de intervención en el aula.....	69
Anexo 2. Encuesta.....	89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de la investigación.....	15
Figura 2. Textos históricos revisados	43
Figura 3. Esquema entre el fenómeno y la fenomenología.....	50
Figura 4. Etapas de la actividad en el aula	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de equivalentes.....	30
Tabla 2. Tabla de equivalentes de Fisher	35
Tabla 3. Condiciones experimentales del cloruro del magnesio	37
Tabla 4. Condiciones experimentales del cloruro del magnesio practica 2	40
Tabla 5. Actividades experimentales abordadas en la propuesta de aula en las que se detalla la fenomenología bordada su intencionalidad y cualidad de observación	47
Tabla 6. Resumen de las actividades de la propuesta	55
Tabla 7. Estructura de la propuesta de aula etapa 1	57
Tabla 8. Estructura de la propuesta de aula etapa 2.....	58
Tabla 9. Estructura de la propuesta de aula etapa 3.....	59

RESUMEN

En este trabajo de investigación se presenta un análisis histórico crítico de los aportes realizados por Jhon Dalton, Antoine Lavoisier, Amadeo Avogadro, Michael Faraday, Torbern Olof Bergman, Jeremías Benjamín Richter y Ernst Gottfried Fischer. Desde este análisis se establecen los criterios para la comprensión de la ley de la conservación de la masa y de las leyes ponderales que rigen las relaciones estequiométricas, la interacción de las sustancias en una transformación química y la equivalencia en la actividad química de los ácidos y las bases. Este estudio permite elaborar un plan de trabajo en el aula, haciendo hincapié en la construcción de la fenomenología de las reacciones de neutralización de manera que se propicie la cuantificación de volúmenes y masa con el fin de deducir las relaciones numéricas que caracterizan el comportamiento de la materia.

Palabras clave: Análisis histórico, conservación de la masa, equivalencia, actividad experimental, estequiometría.

1. Capítulo I: CONTEXTO PROBLEMÁTICO

INTRODUCCIÓN

Esta propuesta de investigación busca retomar elementos históricos relacionados con las leyes que rigen la masa y las conexiones existentes entre la comprensión de la conservación de la masa y las relaciones cuantitativas dadas en una reacción química, estos elementos conllevan a una fundamentación de los aspectos histórico-epistemológicos que permiten construir explicaciones en términos de la categoría de equivalencia, los fenómenos físicos y químicos de las reacciones químicas, vinculando el trabajo experimental a la cuantificación de volúmenes y masa, con el fin de inferir las relaciones numéricas que caracterizan el comportamiento de las sustancias a nivel macroscópico.

Es inquietante para mí como docente, observar que, en los procesos de aprendizaje en los niveles escolares, la enseñanza de algunos contenidos en química, resultan poco significativos, convirtiéndose en procesos netamente memorísticos y mecánicos que no permite al estudiante explicar de manera lógica cómo se efectúan las reacciones químicas, incluso la escasa importancia que se le brinda a los aportes históricos y epistemológicos en torno a las teorías que rigen el comportamiento de la materia, y su contribución a la comprensión de los fenómenos físico químicos de las relaciones estequiométricas de estas reacciones químicas.

La química es una de las asignaturas de las ciencias naturales en la que el trabajo experimental en el laboratorio juega un papel importante, no solamente por el “saber hacer”, sino para la comprensión del conocimiento teórico “el saber” (Usuga, 2015). El proceso de unificar ambos conocimientos permite avanzar en sus comprensiones, partiendo de la observación como aspecto fundamental para la construcción de explicaciones fenomenológicas de procesos de nuestro mundo real. Por lo tanto, es conveniente investigar formas alternativas de enseñar estequiometría y reconocer lo que engloba abordar este fenómeno en el aula. El presente trabajo utiliza un análisis histórico-crítico para comprender el fenómeno de la conservación de la masa en función de la comprensión

de las relaciones estequiométricas y de esta manera, diseñar actividades experimentales que posibiliten la construcción de explicaciones y desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes.

Este trabajo se presenta en cinco capítulos:

En el capítulo I, se abordan el contexto problemático, la formulación del problema, la revisión de los antecedentes investigativos, y los objetivos, los cuales orientarán el desarrollo del mismo.

En el capítulo II, se presentan los aspectos metodológicos implementados en el desarrollo del trabajo.

En el capítulo III, se encuentran los referentes conceptuales que aportan a la construcción del fenómeno de la conservación de la masa y la comprensión de la categoría de equivalencia. Para esto se realiza una revisión analítica de textos históricos desde diferentes miradas de científicos como Antoine Lavoisier, Amadeo Avogadro, Michael Faraday, Olof Bergman, Benjamín Richter y Fisher, los cuales, además de aportar elementos para la comprensión del fenómeno de estudio, también, proporcionan las bases teóricas que consolidan la idea de la importancia que tiene la actividad experimental en la ciencia y en el aula de clase.

En el capítulo IV, se plantean las consideraciones pedagógicas, que contribuyen a una conceptualización del comportamiento de las sustancias químicas en una reacción a partir de la construcción de la fenomenología, la propuesta de intervención en el aula y el ejercicio de validación y evaluación de la misma.

Finalmente, en el capítulo V, se presentan las consideraciones y reflexiones finales con respecto al desarrollo de este trabajo de investigación. Posterior a ello, un anexo de la propuesta de aula y la encuesta realizada en el ejercicio de validación.

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Revisión Antecedentes

Se realizó una revisión de diferentes investigaciones y trabajos relacionados con la enseñanza de la estequiometría en el bachillerato, encontrándose una evidente preocupación de los docentes de química frente a las prácticas didácticas y pedagógicas

empleadas en enseñanza de las ciencias y la forma como el estudiante lo percibe en su proceso de aprendizaje; especialmente en los fenómenos relacionados con la conservación de la masa, la aplicación de modelos matemáticos para cálculos estequiométricos y la comprensión de la equivalencia con eje fundamental del mismo.

Vásquez y Preciado (2016), realizaron la investigación: *Categoría de equivalencia para la enseñanza de la estequiometría desde una visión fenomenológica*, en la Universidad Pedagógica Nacional, en ella se plantean estrategias a través del estudio de reacciones de electrólisis, con el fin de lograr una mejor comprensión de los fenómenos químicos, pues se observan las relaciones de proporcionalidad entre volúmenes, sustancias que participan en el proceso y cantidad de electricidad. Esta comprensión llevó a establecer, a partir del análisis de los resultados obtenidos en cada actividad experimental, que la categoría de equivalencia, es fundamental para el aprendizaje de varios campos, entre ellos la estequiometría, ya que se pueden elaborar hipótesis de las cantidades de sustancias producidas en otros procesos electroquímicos. Su trabajo investigativo les permitió concluir que: A partir de la cuantificación de las características de las sustancias: volumen, masa y cantidad de electricidad, en los procesos de electro descomposición, se pudieron establecer relaciones de proporcionalidad entre éstas y construir equivalencias en cuanto a la actividad química. Se consideró que para llegar a la elaboración de estas relaciones fue necesario desarrollar ciertos procesos: comparación, relación, categorización y formalización que mejoran la interpretación de problemas estequiométricos, pues los estudiantes no aplican algoritmos sin lógica que solo los conducen a la obtención de un número, sino que entienden la situación que se les presenta a nivel experimental desde una visión fenomenológica del estudio de la estequiometría. (Preciado & Vasquez, 2016)

De la revisión de este trabajo, se extraen elementos relevantes que conllevan hacer un rastreo del progreso científico y de la importancia de los aspectos históricos en la enseñanza y el aprendizaje de la química, además, del análisis de las situaciones experimentales necesarias para comprender el comportamiento de las sustancias con relación a los cuestionamientos en distintos momentos históricos. Asimismo, se retoma la importancia que tiene la actividad experimental como eje fundamental en los procesos de aprendizaje mediante el desarrollo de prácticas que le permitan al estudiante mejorar la percepción, la interacción, el análisis y la comprensión de fenomenologías en torno a la equivalencia para la enseñanza de la química.

Reyes y Rodríguez (2014) Realizaron la investigación: *Construcción de la fenomenología de la interacción y la equivalencia de la actividad química de las sustancias*, en la Universidad Pedagógica Nacional, maestría en docencia de las ciencias naturales, en ella realizan un análisis histórico crítico, el cual proporcionó elementos para lograr establecer relaciones entre la interacción y la actividad química de las sustancias, con el comportamiento discreto de la materia. Su trabajo investigativo y pedagógico se enfoca en la construcción de la fenomenología de la combinación de las sustancias vinculando el trabajo experimental a la cuantificación de volúmenes y masa, con el fin de deducir las relaciones numéricas que evidencian el comportamiento discreto de la materia.

Su trabajo investigativo les permitió concluir que: La construcción del modo de proceder y las relaciones que se establecieron entre lo que se observó y se interpretó del fenómeno, teniendo en cuenta la experiencia, permitió hacer y aprender ciencia. Desde esta perspectiva la fenomenología es una alternativa para lograr una mayor eficacia en el aprendizaje. Facilita el acercamiento del estudiante a la situación de estudio o fenómeno, pero teniendo en cuenta que la ciencia es una actividad de personas comunes que hacen parte de un contexto y que tienen experiencias, las cuales pueden ser modificadas para construir el conocimiento como producción social. Además, la apertura de espacios en el aula para la actividad experimental, teniendo como protagonista a los estudiantes, conlleva la comprensión y estructuración de conocimientos, el planteamiento de inquietudes para ampliar la experiencia y las actividades intencionadas posibilitan a los estudiantes la conceptualización sobre el comportamiento de las sustancias. Continuando con lo anterior, la comprensión y conceptualización del comportamiento discreto de las sustancias se tuvo en cuenta que en una reacción química en la que las sustancias entran en combinación, la manera de evidenciar las transformaciones ocurridas es mediante la descripción cualitativa y cuantitativa de sus propiedades. La correspondencia de los componentes iniciales, que cambian con las sustancias que se forman, pudo demostrar que hay una interacción entre las sustancias y si la relación de las masas de los reactivos en los productos resultantes es idéntica, es decir, si no cambia la composición de las sustancias resultantes al variar. (Reyes & Rodríguez, 2014).

La revisión de este trabajo de investigación, permitió extraer los elementos necesarios para establecer una ruta a la luz del análisis histórico crítico con el fin de comprender la

interacción química de las sustancias desde una visión fenomenológica y, desde la pedagogía, la adquisición de herramientas y metodologías basadas en los procesos de enseñanza de la estequiometría desde una postura atómica de la materia. Sin embargo, no dilucida una comprensión macromolecular de las sustancias en las relaciones estequiométricas.

Arévalo (2012) realizó la investigación: *Algunas estrategias de aula para el mejoramiento de la enseñanza de la estequiometría en la media técnica*, maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, en la Universidad Nacional de Colombia. Este trabajo tiene una propuesta para mejorar la comprensión de la estequiometría, basándose en la comprensión de las proporciones, sus operaciones, el uso de razones molares y del análisis dimensional, para estudiantes de educación media técnica. Los alcances de esta propuesta están dados por los resultados obtenidos en talleres aplicados como estrategias novedosas de aula. Las estrategias brindaron una alternativa para trabajar con alumnos del sector rural desde el punto de vista afectivo y cognitivo. Se trabajaron conceptos básicos para la comprensión y el análisis de la química y la matemática en el colegio. Su trabajo le permitió concluir: Los alumnos, al llegar a grado décimo, evidencian algunas dificultades y vacíos en matemáticas, en el pensamiento numérico y en los sistemas numéricos, donde se abordan los contenidos de proporciones, en especial, el manejo de razones. Este problema se origina en un trabajo poco eficaz en la básica primaria y los primeros grados de la educación básica secundaria, ya que, en matemáticas, se limitan a desarrollar ejercicios y memorizar procedimientos transitoriamente (Arévalo, 2012).

Este trabajo permite extraer una de idea de aquellos modelos matemáticos posibles para mejorar la comprensión de la estequiometría química de las sustancias que inter actúan en una reacción química.

Pérez (2017) realizó la investigación: *Las analogías en la enseñanza de la estequiometría en décimo grado*, maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, en este trabajo se consolidó una estrategia didáctica basada en el uso de las analogías para la enseñanza de la estequiometría con los estudiantes del grado décimo de la jornada de la mañana de la Institución Educativa Nacional Loperena de la ciudad de Valledupar. Las conclusiones de esta investigación fueron: El diseño y la aplicación de la estrategia didáctica basada en el uso de analogías permitió observar un aumento significativo en la motivación de los estudiantes hacia el desarrollo de las clases de la asignatura química; de

igual forma, se observó una mejora en los procesos de interpretación y resolución de situaciones problemáticas hipotéticas asociadas a la estequiometría. Además, aplicación de un instrumento de evaluación para valorar los alcances de la aplicación de la estrategia permite inferir que el uso de analogías es una estrategia efectiva para que los estudiantes elaboren nuevas estructuras mentales sobre aspectos primordiales de la estequiometría química y mejoren su desempeño aumentando las posibilidades de éxito escolar en una temática que tradicionalmente ha arrojado bajos resultados. (Pérez, 2017)

De este trabajo se extraen elementos conceptuales necesarios para enlazarlos con las vivencias experimentales, la implementación y el uso de analogías como estrategias de enseñanza de la química y su importante papel en la reestructuración del marco conceptual de los estudiantes, en pro de desarrollar nuevas estructuras de conocimiento a partir de conceptos que le son familiares.

Farieta Bonilla (2009) realizó la investigación: *Trasposición didáctica del trabajo de Amadeo Avogadro*, en la Universidad Pedagógica Nacional, Maestría en Docencia de la Química, en ella se presentan aspectos relacionados con la trasposición didáctica del trabajo de Amadeo Avogadro y el análisis de los libros de texto más utilizados por docentes de química de algunos colegios de Bogotá al igual que por docentes del programa de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional. A partir de un análisis histórico-epistemológico, se establecen 10 criterios de análisis especificados en cuatro categorías, los cuales fueron la base para determinar la relación existente entre el saber sabio, para este caso la lectura de los originales, en relación con el saber enseñado, en este caso lo que se presenta en libros de texto. Este trabajo hace un balance histórico de la forma como Avogadro conceptualizó la constitución de la materia, pasando por los estudios de varios científicos y revisa concienzudamente la forma cómo se desarrolla el concepto de átomo en los diferentes textos. Si bien es muy importante el trabajo con fuentes originales esto no da luces de la posibilidad que tiene el estudiante de producir su propia conceptualización y con ella desarrollar las temáticas de clase. Sin embargo, la autora concluye que, el análisis histórico del trabajo de Avogadro, aporta al presente trabajo algunos elementos importantes en la relación que se da entre las proporciones determinadas en las combinaciones de los gases, los cuales son tenidos en cuenta en la construcción de la fenomenología de la discretización de la materia. (Bonilla, 2009). De este trabajo se extraen los elementos

históricos necesarios para enlazarlos con la conceptualización del comportamiento de la materia desde la idea de proporción establecida por el científico Amadeo Avogadro.

Caro y Mosquera (2015) realizaron la investigación: *Análisis Histórico-Crítico y Actividad Experimental en la Enseñanza de la Basicidad*, en la Universidad Pedagógica Nacional, maestría en docencia de las ciencias naturales, en ella se presenta un proceso investigativo que se llevó a cabo para explicar las propiedades básicas que tienen las sustancias desde un análisis histórico crítico elaborado a fuentes primarias de autores como Boyle, Lemery o Fischer, para construir una ruta de aula que aplicada en estudiantes de grado octavo posibilitó realizar análisis entorno a las explicaciones que estos realizan al momento de desarrollar la actividad experimental. Los análisis aquí expuestos denotan la forma como los estudiantes caracterizan, clasifican y organizan la cualidad básica de las sustancias partiendo de las cenizas de la madera, la limpieza de metales, el sabor amargo, el cambio de color con indicadores de origen natural y la comparación de su fuerza mediante la neutralización con los ácidos. Su trabajo investigativo les permitió concluir que: El abordar la fenomenología de la basicidad mediante la elaboración de un análisis histórico-crítico basado en fuentes primarias, arroja experiencias para ser integradas en la construcción de una ruta de aula, en la cual los individuos a partir de su organización cognitiva previa y recurriendo a los sentidos empiezan a caracterizar, clasificar, organizar y comparar las cualidades de las sustancias y finalmente, que la investigación da cuenta de la existencia de diversas relaciones que se entretajan al interior del laboratorio para tratar de explicar el comportamiento de las bases, lo cual propone una forma diferente de entender las dinámicas de la escuela y el conocimiento que allí se construye. Es por ello que se debe priorizar la actividad experimental e investigar tal dinamismo para favorecer los procesos de motivación, curiosidad, diálogo argumentativo y construcción de explicaciones (Caro Castellanos & Mosquera Quevedo, 2015).

A partir de la revisión de este trabajo de investigación, se evidencia la importancia de la actividad experimental en la enseñanza de la química, y como a partir de ella, el estudiante se debe enfrentar a diferentes cuestionamientos planteados en su ruta de aula. Además de este trabajo no solo se recuperan elementos que permiten nutrir la construcción del fenómeno en términos disciplinares en comprensión del comportamiento de los ácidos y las bases cuando interactúan entre sí, sino también los fundamentos históricos y epistemológicos que permiten la comprensión del fenómeno de neutralización.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Identificación del problema

Esta propuesta nace desde la introspección de mi ejercicio y de mi rol docente, frente a las dificultades que he tenido que enfrentar en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química general en el bachillerato. Es claro que, aunque mi rol en el aula es motivadora, dinamizadora y sobre todo, artífice de nuevas estrategias que propicien la comprensión de los fenómenos químicos y como consecuencia de ello, un aprendizaje de los contenidos declarativos en el proceso, también es evidente que en la enseñanza de la química se presentan diferentes obstáculos que normalmente están ligados a la comprensión y análisis de las propiedades de la materia y sus transformaciones, para lo cual es necesario que el estudiante se enfrente a diferentes leyes y conceptos fuertemente abstractos, de manera que pueda establecer conexiones lógicas usando un lenguaje altamente simbólico y formalizado junto a modelos de representaciones analógicos que ayuden a la modelación de lo no observable (Pozo, 1998, pág. 150).

Todas las disciplinas que hacen parte de las ciencias naturales y, en este caso la química, presenta un gran nivel de abstracción, el estudiante debe realizar un vasto esfuerzo por organizar sus conocimientos frente a la interacción de las sustancias, la conservación y la cuantificación de la materia vista desde dos núcleos, (Pozo, 1998) los cuales en la enseñanza de la química son fundamentales para la comprensión, el análisis y la explicación de fenómenos.

En primer lugar, la conservación de las propiedades de la materia, las cuales son complejas en la medida que los estudiantes se les dificulta comprender la existencia de propiedades no observables de la materia que se conservan a pesar de los cambios que esta experimente. Para ello es preciso que el alumno entienda la conservación de las cantidades (masa-peso), las cuales tienen un significado cuantitativo en términos de diferenciar el tipo

de cambio (físico o químico)¹ que se esté estudiando y la conservación de las masas de las sustancias iniciales que, siempre serán igual a la suma de las masas finales, esto quiere decir que para los estudiantes es menos complejo comprender la idea de cambios de estado en términos de conservación de los tipos de sustancia, que la aplicación en ejercicios relacionados con la conservación de la masa, es decir, que tanto la conservación de la masa como la conservación de las sustancias, se muestran como problemáticas diferentes en su enseñanza pero, que son necesarias para comprender e interpretar los cambios de la materia.

Para dar mayor claridad a esta idea, cuando se le presentan diferentes situaciones de observación a los estudiantes, como, por ejemplo: disolver sal en agua, quemar papel periódico o, la oxidación de una esponja de hierro; ellos interpretan que, puede haber una pérdida de masa en la disolución de agua y sal, en la quema de papel, la desaparición de un sólido para formar un gas implica que hay pérdida de masa, y en la oxidación el hierro sigue siendo hierro, solo que este cambio su apariencia. En todos los casos, los estudiantes se centran en lo que ha cambiado y no en lo que permanece (Pozo, 1998) y, en cuanto a la conservación de la sustancias, la dificultad no solo radica en la aplicación de las leyes cuantitativas que den cuenta de la conservación de la masa, sino también, en la implementación de ejercicios matemáticos que den cuenta de ello.

En segundo lugar, el estudio y la comprensión de las relaciones cuantitativas que constituyen sin duda uno de los aspectos más relevantes en los contenidos declarativos de esta disciplina, dado que, esta cuantificación hace referencia a la representación de las leyes físico químicas y su aplicación. (Pozo, 1998) Este inconveniente se presenta dado que el alumno tiene que relacionar diferentes variables como:

Las dimensiones de la materia a nivel macroscópico entre las masas y los volúmenes involucrados en la reacción, es decir, la relación entre, las cantidades de sustancias implicadas en una reacción química, las masas y el número de moléculas que intervienen en una reacción química, así como también, las masas de los elementos que forman un compuesto y su fórmula química. Sin embargo, la misma comprensión de su aplicación

¹ En los cambios físicos las sustancias implicadas no cambian su composición, por ello conservan su identidad, sin embargo, en los cambios químicos, la naturaleza de las sustancias químicas se ve alterada por la interacción de las sustancias iniciales (reactivos) para dar lugar a nuevas sustancias, reorganizando la estructura y composición de las especies involucradas.

resulta ser un inconveniente para la mayoría de los estudiantes que en su afán por aprobar, mecanizan los pasos y los procesos de solución de situaciones problemas antes de llegar a la comprensión profunda de lo que implica su desarrollo. Así mismo, las dificultades para realizar cálculos estequiométricos en la comprensión de la razón y la proporción frente a la estrategia matemática cor , que implica la igualdad entre dos razones y la compensación multiplicativa entre las especies reaccionantes y producidas en una reacción química.

Dentro del abordaje de la estequiometría, en los libros de texto se puede visualizar una enseñanza de contenidos meramente sistemáticos, mecánicos con un sentido operativo alejado de la comprensión de su fenomenología, por lo que, los docentes en su afán de facilitar su entendimiento, ejemplifican problemáticas y ejercicios de su día a día que luego se vinculan con problemas de contexto químico que complejizan aún más su comprensión, pues, se focaliza desde la operatoria matemática y no desde la comprensión de su fenomenología.

Teniendo en cuenta la complejidad que representa la enseñanza y aprendizaje de la estequiometría, se busca fortalecer los procesos de la enseñanza de las ciencias, específicamente de la química en la estequiometría, generando una idea de proporción y equivalencia que permita con ello, construir explicaciones en torno a la superación de las dificultades antes mencionadas, haciendo uso de la actividad experimental como una estrategia fundamental para explicar los fenómenos químicos como, la transformación de las sustancias y más específicamente, la interacción entre diferentes cantidades de ácidos y bases en reacciones de neutralización a fin de ampliar la visión del aprendizaje. Por lo tanto, y a partir de lo ya mencionado, se me generan los siguientes cuestionamientos: ¿cómo hacer para que los estudiantes comprendan que la estequiometría es un valor agregado para el estudio de la conservación de la materia? ¿Qué estrategias implementar para que las comprensiones de la fenomenología conlleven a una idea de equivalencia y proporción como aspecto relevante para el entendimiento de la ley de la conservación de la masa en reacciones de neutralización? ¿Cuál es la importancia de la actividad experimental en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la estequiometría?

En la enseñanza de la química, la estequiometría representa una complejidad que va en avance conceptual, procedimental, matemático y analítico, abarcando el estudio fenomenológico de las reacciones químicas y el balanceo de las mismas con el fin de

comprobar las leyes de la conservación de la materia, conversiones con moles, cálculos de reactivo límite, entre otros. Con el fin de dar cumplimiento a esos procesos de aprendizaje, es necesario que en el aula se planteen nuevas estrategias de aprendizaje, que desvinculen el aprendizaje memorístico y desconectado de su realidad fenomenológica y lo relacionen con el desarrollo de habilidades científicas en la comprensión y análisis del problema de estudio. Es por ello que me he formulado el siguiente problema, el cual orientará en gran medida el desarrollo de mi investigación:

El análisis histórico y disciplinar de transformación de las sustancias en torno a las leyes que rigen el comportamiento de la materia, contribuyen a la comprensión de la equivalencia y a la formulación de las relaciones estequiométricas en las reacciones químicas de neutralización.

Esta propuesta de investigación se proyectó inicialmente para ser aplicada con los estudiantes del colegio Teresiano de Bogotá, con la idea que estas se involucren activamente en los procesos experimentales y que, como resultado de ello, forjen el uso comprensivo del conocimiento científico desde las explicaciones fenomenológicas del estudio de las reacciones estequiométricas; y generando espacios de discusión, crítica, reflexión, creatividad, análisis en conquista del estudio de la química. Sin embargo, en este año (2020) las condiciones escolares han cambiado y por esta razón los lectores encuentran la propuesta de trabajo en aula, y las reflexiones o consideraciones que le dieron origen al diseño, así como las que provienen de la socialización crítica con un grupo de profesores de ciencias en ejercicio y especialistas en este campo.

1.2.2 Objetivo General

Fortalecer la comprensión de la transformación de las sustancias, haciendo un abordaje de las reacciones químicas de neutralización, desde una perspectiva fenomenológica; que se plasma en una propuesta de enseñanza para la comprensión de la proporcionalidad y la equivalencia en una reacción química.

1.2.3 Objetivos específicos

- ✓ Realizar un análisis histórico crítico para derivar elementos que relacionen el comportamiento químico de las sustancias con la equivalencia en una reacción.
- ✓ Formular una propuesta de trabajo de aula que haga énfasis en la construcción de fenomenologías para la comprensión de la interacción de las sustancias en reacciones de neutralización, su conservación y la idea de equivalencia como factores fundamentales para la enseñanza de la estequiometría.
- ✓ Vincular el trabajo experimental con el análisis entre cantidades de volúmenes y masas y las relaciones numéricas que den cuenta de la transformación de la materia, su interacción y comportamiento.

2. Capítulo II: ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 MARCO METODOLÓGICO

El desarrollo de esta propuesta de trabajo, se fundamenta en la creación de espacios de reflexión, discusión y experimentación en torno a las fenomenologías de la transformación de las sustancias en búsqueda del cumplimiento de los objetivos planteados, en términos de la conservación de la masa y categoría de equivalencia como pilares para la comprensión de la estequiometría. Para lo cual se proponen las siguientes tres etapas de investigación: la primera etapa (I), se estructura desde la problematización y el análisis crítico de la revisión histórica en torno al fenómeno de la conservación de la masa, la equivalencia y las interacciones de las sustancias ácidas y álcalis. Una segunda etapa (II), que se fundamenta desde la importancia de la comprensión del fenómeno, la construcción de explicaciones a partir de la experimentación, y a partir de ello una formulación de actividades tanto experimentales como de contextualización histórica para una propuesta de intervención en el aula. Finalmente, la etapa 3 (III), validación y reflexión en torno a la propuesta de aula y unas posibles recomendaciones en términos de la aplicación de la misma. En la figura 1 se presentan los diferentes aspectos metodológicos que se abordarán en cada una de ellas.

- I. Se realiza una lectura crítica de textos originales de Antoine Lavoisier, Amadeo Avogadro, Michael Faraday, Olof Bergman, Benjamín Richter y Fisher con el fin de identificar los aportes y las dificultades presentadas en esta época y que, en efecto podrían llegar a presentarse en la construcción del fenómeno de la conservación de la masa en reacciones de neutralización en las actividades experimentales planteadas en la propuesta para su comprensión. Por lo tanto, su revisión, lectura y análisis posibilita una estructuración de las formas como abordar la fenomenología, de manera que consolide la comprensión de la estequiometría en función de aspectos como la idea de proporción, equivalencia, transformación, conservación y cambio.

La revisión de los textos originales favoreció una profundización al conocimiento de la conservación de la masa desde una perspectiva de cambio y transformación entre ácidos y bases, donde no solo es importante el rigor dado en la medición y la comprobación de hipótesis a través de la experimentación, sino también, a todas aquellas formas de proceder de los científicos para entender los fenómenos que eran cuestionados en su momento. Además, esta revisión, le da un significado diferente a la enseñanza de estequiometría, pues, provee un entendimiento desde naturaleza del fenómeno, comprendido a partir de la interacción de las sustancias, la formación de sus productos, las características de los mismos, las variables, las fuerzas atractivas entre las sustancias, las proporciones reaccionantes, la idea de equivalencia entre otros aspectos de carácter fundamental para su comprensión, dejando a modelos matemáticos no como el objetivo para su razonamiento sino como un aspecto que hace parte del proceso de construcción fenomenológica.

- II. Para la segunda etapa, se realiza una construcción de la propuesta de intervención en el aula, donde se pretende que sean las actividades experimentales las protagonistas dentro de la ruta de trabajo con los estudiantes, enmarcada por aspectos fundamentales estudiados en la etapa I, promoviendo en ella espacios de discusión grupal a partir de cuestionamientos personales que surgen a través de ejercicios de observación y cuestionamientos de trabajo que contribuyan a la formulación

de reflexiones sobre la construcción del fenómeno de la conservación de la masa en reacciones de neutralización.

El desarrollo de la propuesta de aula, tiene una serie de intencionalidades disciplinarias que se trabajan en tres etapas, estas están planteadas en función de la caracterización de las sustancias ácidas y básicas, las relaciones de proporcionalidad en una reacción química de neutralización, la interacción de las sustancias, el reconocimiento de la formación de sales y la construcción de explicaciones en torno a la categoría de equivalencia; como ejes fundamentales para la comprensión de las relaciones dadas en el fenómeno propuesto.

A partir de lo planteado en la propuesta de aula, se realiza una experimentación de la electrolisis del cloruro de magnesio haciendo uso de un voltámetro de Hoffman elaborado con material de fácil consecución, la intención es observar, indagar y cuestionar el fenómeno a fin de establecer las cualidades que permitan dar cuenta de él, organizarlas, compararlas, ordenarlas y construir una explicación que fundamente lo que se plantea en la propuesta de aula.

- III. Se realiza una validación de la propuesta de intervención en el aula, donde, se recogen las diferentes posiciones y argumentaciones que algunos docentes de ciencias naturales en ejercicio tienen con respecto a la estructuración, funcionalidad como herramienta pedagógica y a su utilidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la fenomenología de estudio, desde diferentes aspectos, los cuales arrojan información relacionada con los referentes históricos implementados para su construcción, contenidos, intenciones disciplinares, tiempos entre otros. A partir de ello se establecen recomendaciones en torno al uso de la historia para el abordaje de la conservación de la masa en reacciones de neutralización, el uso de la actividad experimental como estrategia de enseñanza y aprendizaje y la construcción de explicaciones en términos de la fenomenología ya mencionada.



Figura 1. Etapas de la investigación. Fuente propia

3. Capítulo III: ANÁLISIS HISTÓRICO CRÍTICO: CONSTRUYENDO EL FENÓMENO

3.1 Sobre la conservación de la masa

Uno de los aspectos más relevantes y que han llamado mi especial atención en los procesos de enseñanza de la química en el bachillerato, es el análisis del comportamiento de las sustancias en una reacción química, la interacción de los reactivos y de los productos en un determinado proceso e implícitamente las formas como se pueden determinar las cantidades de estos para dar cumplimiento a leyes de la conservación materia. Es importante resaltar que, como contribución a la comprensión de los procesos estequiométricos y la construcción de explicaciones y conceptos determinantes relacionados con la conservación de la materia, el entendimiento de la equivalencia y la

proporcionalidad en una reacción química y por ende del uso de algunos modelos matemáticos que permitan dar cuenta de ello, se establece un diálogo con algunos científicos, que contribuyeron en gran medida a la construcción de la química como ciencia cuantitativa, dentro de los cuales es relevante destacar los aportes de orden conceptual y metodológico que se han constituido a través de la historia y de los cuales nos permite visualizar una evolución sucesiva en esta.

Para empezar la revisión histórica en pro de la construcción y de la comprensión de diversos fenómenos relacionados con la química y de, el entendimiento de su constitución como ciencia, es conveniente iniciar con los aportes de Joseph Priestley (1733- 1804), quien, aunque se dedicó al sacerdocio, también tuvo relevancia como científico. Fue partidario de la teoría del flogisto, su aporte principal fue el descubrimiento y aislamiento del oxígeno, que él denominó como “aire desflogisticado”. Estas ideas las expresó en términos analíticos, que difundió en su libro *“Experimentos y observaciones sobre diferentes tipos de aires*. El 1 de agosto de 1774, Priestley realizó un experimento en el que enfocó la luz solar sobre óxido de mercurio (II) (HgO) en el interior de un tubo de cristal, que liberó un gas que él llamó “*aire desflogisticado*” explicación que aludía a la teoría del flogisto y que, ya se encontraba en furor en ese momento. (Arévalo, 2012). La teoría del flogisto, establecida en 1667 por el químico alemán Johann Joachim Becher y, modificada más adelante por el también químico Georg Stahl en 1731, postulaba que todos los materiales combustibles se componían de dos partes; una, llamada flogisto, que era emitida al quemar la sustancia en cuestión, y otra, denominada desflogisticada, que se tenía por su verdadera forma o cal (ceniza; creta en latín). Sin embargo, el sueco Carl Wilhelm Scheele (1742, Stralsund – 21 de mayo de 1786, Köping) realizó diversos experimentos a través del calentamiento de distintas sustancias entre ellas el óxido de mercurio, observando que una de ellas quedaba en libertad con facilidad, quien en 1772 aísla tal gas y le llama “*aire del fuego*”, porque era el único apoyo conocido para la combustión, estas investigaciones se encuentran registradas en su único libro *Chemische Abhandlung von der Luft und der Feuer*², las cuales, más adelante serían refutadas con los trabajos experimentales de Antoine Lavoisier. Pero ¿de qué manera esta contribución genera un aporte al problema de estudio de la conservación de la masa en función de las relaciones estequiométricas en una combinación química? En primer lugar, permite generar una comprensión del trascender histórico de la ciencia desde la formulación del modelo “*flogisto*” en torno a la interacción de las sustancias

² Tratado químico del aire y del fuego (1777).

y su constitución, hasta el conocimiento del trabajo conceptual, metodológico, experimental y argumentativo que llevó a Antoine Lavoisier a constituir que la ley de la conservación de la masa explicaba aspectos de su comportamiento que la Teoría del flogisto no hacía. En segundo lugar, esta teoría, suscita un salto epistemológico en función de la sustitución del flogisto por el oxígeno, una sustancia fundamental en las investigaciones realizadas por Lavoisier en la oxidación, calcinación, combustión y respiración; dejando así, un precedente histórico y científico por atender en sus estudios al peso, la medición y la cuantificación de las sustancias involucradas en el cambio. Es por ello, que para mí es importante resaltar la forma como se constituyó la química cuantitativa y los sucesos que conllevaron a una comprensión más detallada del comportamiento, constitución y conservación de la masa, paso fundamental para establecer más adelante la idea de las proporciones o relaciones cuantitativas de las especies participantes en una reacción química.

El científico francés Antoine Lavoisier, realiza una de las contribuciones a la química más importantes hasta el momento, ya que, a partir de sus estudios en los fenómenos de: combustión, calcinación, respiración, oxidación, entre otros; introduce en sus investigaciones al oxígeno como sustancia fundamental en el proceso y además, es uno de los primeros que hace uso de la balanza para cuantificar las sustancias antes y después de una reacción química, aportando de esta manera rigor a la aplicación del método científico³. Las investigaciones experimentales que realizó, parten de los experimentos ejecutados por Priestley⁴, el más importante es el del calentamiento del óxido de mercurio, en el cual utilizó una lupa que concentraba rayos de sol sobre un poco de óxido de mercurio encerrado en una campana de vidrio; sus resultados le llevaron afirmar que habría descubierto una sustancia gaseosa que no era aire deflogisticado, sino una sustancia que hacía parte de la atmósfera.

A finales de 1768, Antoine Lavoisier emprende una serie de investigaciones, las cuales fueron determinantes para la ciencia química en la segunda mitad del siglo XVIII, él se enfocó en comprender la naturaleza de algunas sustancias, demostrando explicaciones a diferentes fenómenos químicos de estas en interacción con otras, por lo que, se centró en determinar el grado de pureza que podía alcanzar en el agua, mediante destilaciones

³ Consistió en la observación sistemática, la medición en cada proceso, la experimentación, el análisis y la comprobación y modificación de las hipótesis iniciales.

⁴ Experiencias descritas en su libro *Experimentos y observaciones acerca de diferentes tipos de aire*, en la cual se plantearon experimentos y explicaciones a partir de la Teoría del Flogisto.

sucesivas. Esto le llevó a plantearse uno de los problemas que estaban en auge en ese momento, con la teoría del flogisto y su relación con la transmutación del agua en la tierra. Para darle solución a ello, Lavoisier introduce cierta cantidad de agua en una retorta de vidrio (con la precaución de tomar cuenta exacta del peso del recipiente y del agua empleados), la cual, calentó por 101 días sin interrupción; con el pasar los días observó que se formaba un sólido terroso al interior de esta. Pasados los tres meses, vuelve a pesar y observa que la masa no ha variado prácticamente nada con respecto a los valores iniciales (Lavoisier, 1778, pág. 93), de esta manera llega a la conclusión que, las partículas de fuego no habían originado ningún incremento de peso, es decir, que sus experimentos le permitieron construir argumentos en contra de la teoría de la trasmutación del agua en tierra. Observó también que la cantidad del sólido terroso formado en el proceso, coincidía con exactitud a la disminución de la masa de la retorta que había estado sometida a este proceso. *“Los procedimientos y conclusiones se basaban en una convicción que para nosotros es, en la actualidad (ampliada un tanto, de manera que incluya también la energía), casi un lugar común, pero que no lo era para los químicos de su época: la ley de la conservación de la masa, ley que Lavoisier no formularía explícitamente hasta la publicación de su “Tratado Elemental de Química” (1789)⁵”* (Arévalo, 2012)

Más adelante, Lavoisier se dedicó en el análisis de las propiedades de algunos gases y al estudio del fenómeno de la combustión, reveló que el elemento que participaba en la combustión era el oxígeno. Por lo tanto, era fácil suponer que el mismo aire fijado era responsable de la combustión; ya que la gran mayoría de las sales, o sea óxidos, sólo se pueden reducir a metal, quemándolas con carbón vegetal, momento en que se produce el gas dióxido de carbono (Arevalo, 2012). Es por ello que, en 1774, sus investigaciones se basaron en la calcinación de los metales y a las reducciones de los óxidos a carbón y realiza un experimento de calentamiento, en el que, haciendo uso de una retorta de vidrio cerrada pone a fuego con una cantidad determinada de estaño y aire, encontrando que: La masa antes del calentamiento (recipiente de vidrio + estaño + aire) y después del calentamiento (recipiente de vidrio + “estaño calentado” + el resto de aire), era la misma, por lo que el producto de la reacción, estaño calentado (óxido de estaño) correspondía al estaño original

⁵ Anuncia y comunica los resultados obtenidos a partir de esta investigación en 1770, donde no solo lanza un ataque a la teoría del flogisto, sino también da sustento metodológico a la utilización de la ley de la conservación de la materia propuesta en su *Tratado*

junto con parte del aire (Lavoisier, 1778). Este experimento⁶ llevó a Lavoisier no solo a demostrar que el oxígeno del aire es esencial para la combustión, sino también, que el aumento de peso adquirido por la sustancia sometida a la experimentación era igual al volumen de aire absorbido; para él era evidente que el aumento de peso era la ganancia de algo y no, la pérdida como lo sugería la Teoría del Flogisto.

Cabe resaltar que sus experimentaciones sirvieron para darle sustento a la ley de la conservación de la masa, también, para generar un interés particular por el aspecto cuantitativo y la medida, ya que, es esta vertiente es un factor determinante en su obra y en sus experimentos a nivel de la precisión y la demostración de sucesos. En el capítulo “*sobre la descomposición de los óxidos vegetales por la fermentación del vino*” del tratado elemental de química (Lavoisier, 1778, pág. 101) formula esta ley de la siguiente forma:

...ya que nada se crea, ni en las operaciones del arte, ni en la naturaleza, y en principio puede decirse que, en toda operación hay la misma cantidad de materia antes y después de la operación; que la cualidad y la cantidad de los principios es la misma, y que no hay cambios ni modificaciones. Todo el arte de hacer experimentos en química está basado en este principio: es necesario suponer que en todos los experimentos hay una total igualdad o ecuación entre los principios del cuerpo que examina y los del cuerpo resultante del análisis. Así, ya que del mosto de la uva sale gas carbónico y alcohol puedo decir que el mosto de la uva es igual a ácido carbónico más alcohol.

Sus investigaciones no solo sirvieron para formular dicha ley, sino también, para plantear reflexiones y contraposiciones frente a la Teoría del flogisto; esto, desde el análisis individual de cada teoría en cuanto a sus explicaciones y argumentaciones para dar respuesta a diversos fenómenos como: la falsa trasmutación de las sustancias, la visión aristotélica de la materia, y la fijación de las partículas de fuego en sustancias sometidas a calcinación. Esto quiere decir que, hubo una variación en la concepción de los fenómenos a causa de un cambio en la lógica explicativa, pues para el flogisto la materia podía ser

⁶ Las narraciones de sus investigaciones evidencian la importancia del método experimental empleado por Lavoisier, donde la hipótesis, la experimentación y la verificación lo vinculan como el individuo que revoluciona la ciencia, pues controvierde ideas establecidas a lo largo de un siglo con sus demostraciones cuantitativas.

penetrada por el flogisto, mientras que, desde el argumento de Lavoisier, la materia era transformación y conservación a través de interacciones con otras sustancias.

Estos dos acontecimientos, sin lugar a dudas, son considerados el punto de partida para considerar a la química como una ciencia cuantitativa, ya que estos análisis han estado en evolución permanente, con las contribuciones de diferentes científicos quienes hicieron explícitas las leyes de la conservación de la masa.

3.2 Sobre la equivalencia

Continuando con la revisión de textos científicos, se examina uno de los escritos más significativos en la historia del desarrollo de la teoría atómica molecular, el cual, da cuenta de las formulaciones realizadas por el científico Italiano Amadeo Avogadro en su más famosa memoria "*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*"⁷ (Avogadro, 1811) y que, tiene gran importancia ya que representa a gran escala, un avance científico, pues, se estudió la materia no solo desde sus interacciones químicas, sino desde su composición, propiedades y transformaciones de la misma. En consecuencia, me proporcionaron elementos conceptuales, experimentales y epistemológicos en torno a la caracterización de las sustancias por sus propiedades como la masa, la construcción del fenómeno químico de la transformación, la composición y conservación de la masa y por ende a la comprensión de la de equivalencia y su relación directa con la estequiometría en una reacción química.

El trabajo de Avogadro contó con las investigaciones realizadas por John Dalton acerca del peso relativo de las partículas posteriormente denominado peso atómico, como antecedente; y la forma como están constituidas las sustancias de acuerdo al número de partículas que lo conforman. El cual, afirmaba que, si hay dos cuerpos, A y B, con una atracción química que posibilite su reacción, el orden en que las combinaciones se dan son: un átomo binario AB, un átomo ternario AB₂ o A₂B, un átomo cuaternario AB₃ o A₃B y así sucesivamente. Estableció como reglas para determinan las combinaciones que cuando se

⁷ *Ensayo de una manera de determinar las masas relativas de las moléculas elementales de los cuerpos y las proporciones según las cuales ellas entran en estas combinaciones.* Obra publicada por el italiano Amadeo en Paris 1811, en el Journal Physique. Tomo 73.

da solo una combinación debe ser binaria, cuando se dan dos combinaciones una debe ser binaria y la otra ternaria, cuando se dan tres combinaciones una es binaria y las otras dos ternarias, si son tres combinaciones habrá que esperar un *binario*, dos *ternarios*, y uno *cuaternario*, etc. (Dalton, 1808).

Avogadro analizaba la ley de las proporciones múltiples de Dalton⁸ y obtenía proporciones en las que se encontraban el oxígeno y el hidrogeno en el agua, para él eran 15.074:1 respectivamente. Como los volúmenes de combinación indicaban que la unión se realizaba entre una molécula de oxígeno y dos de hidrógeno, tomo el peso molecular del hidrógeno (H₂) como 1 y el del oxígeno 15 veces que el de la molécula de Hidrógeno, por lo que obtenía una masa molecular del agua de 17 ($15 + 2 \cdot 1 = 17$). Pero si se dividían los valores admitidos, la densidad relativa del vapor de agua (0,625) por la del hidrógeno (0,0732), el resultado obtenido daba un peso para la molécula de agua de 8,537, es decir, aproximadamente la mitad del valor obtenido por la suma de los pesos de las *moléculas* de hidrógeno y oxígeno. Por esta razón, los pesos moleculares que dedujo más adelante eran la mitad de los actuales, pero como tenía muy clara la composición de muchas moléculas, a lo largo de los años encontró la auténtica estructura y las fórmulas correctas de numerosas sustancias como vapor de agua, óxido nitroso y nítrico, amoniaco, monóxido de carbono y ácido clorhídrico entre otras, en ellas realizó una determinación de los pesos atómicos correctos y volvió a insistir entre la diferencia entre moléculas y átomos (Avogadro, 1811, pág. 35)

Para dar claridad a esta afirmación, tomemos como ejemplo el caso del agua, donde para obtener esta sustancia por cada 8 partes en peso de Oxígeno se necesita 1 parte de Hidrógeno, este procedimiento se puede aplicar para otras sustancias en las que se comprueba esta característica de combinación y proporción. Por lo tanto, es posible definir la *EQUIVALENCIA* como la cantidad de un elemento que se combina con 1g de Hidrógeno, o sea, sí 8 g es el peso equivalente del Oxígeno, 1 g el peso equivalente del Hidrógeno y 9 g es el peso equivalente del agua. Si un elemento no se combina con el Hidrógeno sino con algún otro que, si lo hace, se establece que su peso equivalente será el que resulte de realizar la respectiva proporción de su combinación con éste, con referencia a 1g de H.

⁸ Esta Ley afirma que: “Cuando dos elementos se combinan para originar diferentes compuestos, dada una cantidad fija de uno de ellos, las diferentes cantidades del otro que se combinan con dicha cantidad fija para dar como producto los compuestos, están en relación de números enteros”

Estas contribuciones permitieron dar cuenta que la conformación de diversos compuestos químicos se dan a partir de la combinación de dos elementos, y que dada una cantidad de peso fijo de uno de los elementos combinado con un mismo peso o diferentes cantidades del otro, da como resultado compuestos que guardan entre sí una relación que se expresa por medio de números enteros sencillos, de esta manera generar más de un compuesto a partir de diferentes y variadas proporciones las cuales están determinadas por un peso específico en cada elemento. A partir de ello entonces, se puede comprender que la cantidad de un elemento que se combina con el peso específico de otro elemento está implícita en el peso equivalente, favoreciendo de esta manera la formación de diferentes sustancias a partir de distintas relaciones y proporciones. (Dalton, 1808). Los experimentos de Avogadro le ayudaron a dar claridad a las ideas de Dalton con respecto al peso relativo de aquellas partículas que conforman a los cuerpos, lo que llevo más adelante a la formulación del concepto del “mol”, el cual consiste en evidenciar que, la masa en gramos es igual al peso molecular.

De manera contemporánea, aparecen los trabajos de Gay-Lussac (1809), quien desarrollaría la ley de combinación de los gases y la relación con sus masas relativas. Avogadro encontró la forma de conciliar los resultados experimentales de Gay-Lussac con la teoría atómica de Dalton, y propuso que las partículas de los gases elementales no estaban formadas por átomos simples, sino por agregados de átomos a los que llamó moléculas, palabra que procede del latín moles y que significa “masa”. “Moléculas elementales”⁹ en el caso de cuerpos simples, formadas de átomos de la misma especie; y “moléculas integrantes”¹⁰ en los casos de cuerpos compuestos, formadas de átomos de especie diversa. (Avogadro, 1811, pág. 17)

Por lo tanto, los gases están formados por moléculas y, éstas se dividen en átomos cuando dos gases reaccionan entre sí. De esta manera era necesario explicar la ley de Gay-Lussac sin más que admitir que las moléculas de los gases elementales son diatómicas: las

⁹ Moléculas elementales: definidas así por Avogadro para referirse a elementos conformados por un sólo átomo. Ejemplo: hidrógeno (H); nitrógeno (N). Por tanto, un paquete de moléculas unitarias de hidrógeno podría ser H₂

¹⁰ Moléculas integrantes: se obtiene al realizar la división en dos una molécula obtenida por la unión de dos paquetes de moléculas unitarias. Ejemplo: la unión de un paquete de moléculas unitarias de nitrógeno (N₂) con tres paquetes de moléculas unitarias de hidrógeno (H₂), formaría una molécula intermedia N₂H₆, que al dividirse en dos se formaría dos moléculas integrales de NH₃

previsiones teóricas concordaban perfectamente con los resultados experimentales. No fue hasta 1811 cuando Avogadro admitió la existencia de moléculas gaseosas formadas por dos o más átomos iguales¹¹. Según Avogadro, en una reacción química una molécula de reactivo debe reaccionar con una o varias moléculas de otro reactivo, dando lugar a una o varias moléculas del producto, pero una molécula no puede reaccionar con un número no entero de moléculas, ya que la unidad mínima de un reactivo es la molécula. Debe existir, por tanto, una relación de números enteros sencillos entre las moléculas de los reactivos, y entre estas moléculas y las del producto. (Avogadro, 1811) Cabe resaltar que para la época no se tenía una clara diferenciación entre los conceptos “ *átomo y molécula*”¹² y que en cada uno de los documentos abordados se logra evidenciar este hecho, pues, Dalton consideraba que los elementos gaseosos como el oxígeno y el hidrógeno formaban parte de los átomos simples, lo que contradecía algunos experimentos de Gay-Lussac, pero Amadeo Avogadro logró clarificar esta confusión, puesto que implementó la noción de que estos gases están conformados por moléculas que poseen un par de átomos y que a través de la ley de Avogadro se puede determinar el peso relativo a los átomos y las moléculas, lo que implicaba su diferenciación.

Esta consideración partió de la demostración realizada por Gay-Lussac, la cual, consistía que “*las combinaciones de los gases tienen lugar siempre según relaciones muy simples en volumen*” resultaba también necesario admitir la existencia de “*relaciones muy simples entre los volúmenes de las sustancias gaseosas y el número de moléculas simples o compuestas que los forman*”. Y aquí Avogadro realizó su conocida hipótesis:

...que el número de moléculas integrantes en unos gases cualesquiera es siempre la misma en un volumen igual o es siempre proporcional a los volúmenes. En efecto, si se supusiera que el número de moléculas contenidas en un volumen dado fuera diferente para los diferentes gases, sería casi imposible pensar que la ley que rige la distancia de las moléculas pudiera dar, en todos los casos, relaciones tan simples entre el volumen y el número de moléculas.

¹¹ Publicado en *Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaire* des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons*. Capítulo I *Journal de Physique*

¹² Avogadro, en 1811, propuso la hipótesis de que los elementos gaseosos que reaccionan no tenían a los átomos como últimos constituyentes, sino agregados de átomos, normalmente dos, a los que llamó moléculas.

Partiendo de la anterior hipótesis, la cual, se podría representar como (igual volumen = igual número de partículas), Avogadro proponía un método para “determinar fácilmente las masas relativas de las moléculas de los cuerpos que pueden pasarse al estado gaseoso y el número relativo de estas moléculas en las combinaciones”. Si volúmenes iguales de gases contenían igual número de partículas, la relación entre las densidades de los gases debía ser igual a la relación entre las masas de estas partículas. Avogadro también empleaba su hipótesis para establecer el número de «moléculas» que formaban los diferentes compuestos. (Bello & Sánchez Bertomeu, 2003).

Para explicar esta ley, Avogadro señaló que las moléculas de la mayoría de los gases elementales más habituales eran diatómicas (hidrógeno, cloro, oxígeno, nitrógeno, entre otras), es decir, que mediante reacciones químicas se pueden separar en dos átomos¹³. A partir de esto, logro determinar que los volúmenes iguales, aunque sea de gases diferentes, contendrán el mismo número de moléculas si son sometidas a las mismas condiciones de temperatura y presión (Avogadro, 1811, pág. 20)

Al establecer un enfrentamiento más profundo y detallado con diferentes textos históricos, entre ellos las memorias de Amadeo Avogadro; me conllevan a valorar el trascender histórico que tuvieron los aportes de él y de más científicos de la época para la ciencia, el cual se analiza desde las primeras afirmaciones que se generan en torno a la pregunta ¿de qué están hechas las cosas que nos rodean? y que en respuesta, parten desde diferentes posturas epistemológicas tales como, la existencia de partículas que formaban parte del todo, teorías que contemplaban la composición de la materia desde la visión aristotélica y que; a pesar que en su momento histórico daban respuesta a la pregunta, sus explicaciones al respecto fueron algo limitadas y fuertemente discutidas con el pasar del tiempo. Fue durante el siglo XVIII que se empezaron a esclarecer diferentes afirmaciones y que propondrían la existencia de átomos y moléculas que estas últimas tenían características macroscópicas que permitían entender el comportamiento mismo de las sustancias.

¹³ Publicado en *Annales de physique, de chimie et d'histoire naturelle* 73, (1811), 58-76 capítulos I-II de su Ensayo de un método para determinar las masas relativas de las moléculas elementales de los cuerpos y las proporciones según las cuales entran en estas combinaciones

Las investigaciones realizadas por Avogadro, permiten dilucidar elementos fundamentales en términos estequiométricos, ya que, luego de una observación detallada de diferentes fenómenos y situaciones estudiadas por otros científicos de la época, contribuyen de manera significativa a la comprensión del comportamiento macroscópico de la materia en una reacción química, sin dejar de lado, por supuesto el análisis discreto de la misma. Debido a esto, es posible realizar una interpretación de las cantidades de reactivo y producto, la composición porcentual de estos y las relaciones entre masa y volúmenes que nos permiten analizar y establecer las equivalencias en una reacción química. Es gracias a la noción de equivalencia que se puede comprender en gran medida el comportamiento de las sustancias en una reacción química, ya que estas se dan por un intercambio recíproco de las moléculas de los elementos participantes en ella, además, nos facilita un entendimiento directo de las leyes que rigen el comportamiento de la materia.

Cabe resaltar que Avogadro empleó la palabra molécula refiriéndose a lo que Dalton definía como átomo, cuestión que refleja las diferencias entre los científicos franceses e ingleses de la época. (Bonilla, 2009), esto nos lleva a pensar que la diferencia de pensamientos y posturas epistemológicas de los científicos de la época muestra un progreso en ciencia importante frente a la concepción del mundo y la comprensión del comportamiento de la materia. Según Kuhn, en su libro de la estructura de las revoluciones científicas, aclara que las nociones que se tenían entorno a la problemática estudiada cambian, los términos científicos, el lenguaje, las metáforas y las comparaciones varían con respecto al momento histórico, por lo tanto, la reflexión más importante que se desprende de esto, es identificar qué estamos estudiando y cómo lo estamos observando, es ahí donde la evolución y el progreso científico juega un papel importante en la construcción de un mundo.

De esta manera el diálogo con estos grandes científicos de la época, me permite establecer una comprensión en torno a un aspecto que es crucial en mi propuesta de investigación y que parte de la siguiente pregunta: ¿A qué se refiere que una sustancia sea equivalente con otra? Para dar respuesta a esta pregunta, me baso en el fenómeno de la transformación de las sustancias, pues cuando estas (reactivos) reaccionan para transformarse y, de esta manera formar otras con características diferentes a las iniciales, siempre obedecen a unas relaciones de proporcionalidad, en donde cada uno de los reactivos se combinan tomando uno del otro lo que necesitan para transformarse y generar los productos. Por ejemplo, en el caso de las interacciones ácido-base, existe una cantidad determinada y equivalente de

una base que reacciona para neutralizar un ácido y de esta forma producir una cantidad específica de sal y agua.

Las actividades experimentales de Gay-Lussac y de Amadeo Avogadro en su época, son una herramienta fundamental en la comprensión de la actividad química, pues permite entrever factores cruciales en cuanto al comportamiento de las sustancias al reaccionar unas con otras y su relación entre los elementos que los conforman, la determinación de las masas relativas, sus volúmenes y sus relaciones que al ser analizadas permite establecer equivalencias.

3.3 Sobre la equivalencia y los fundamentos de esta desde la electroquímica.

Otra manera de entender las relaciones de proporcionalidad en una reacción química, puede hacerse a través de las leyes de electroquímicas, formuladas por el científico químico Michael Faraday, quien a través de la recopilación de diferentes investigaciones provee a la química grandes aportes a través de un trabajo publicado en 1834, el cual habla sobre la descomposición que sufren algunos compuestos químicos cuando a través de ellos pasa corriente eléctrica; en este documento¹⁴ Faraday retoma la idea de J.J Berzelius quien años antes se enfocó en determinar sistemáticamente pesos atómicos de elementos conocidos, pesos de combinación o equivalentes, sin embargo, sus contribuciones fueron interesantes ya que a pesar de las difíciles condiciones en las que trabajó durante diez años, logró que los valores obtenidos por el mismo no se alejaran tanto de los valores modernos.

En enero de 1834, Michael Faraday presenta de las leyes electroquímicas. Subsecuentes investigaciones lo condujeron a la investigación de los equivalentes electroquímicos de algunos elementos y finalmente a la conclusión de que los equivalentes electroquímicos¹⁵ eran idénticos a los equivalentes químicos¹⁶ ordinarios (Faraday, 1834). En la búsqueda de entender la acción electroquímica de sobre algunas sustancias Faraday comento:

¹⁴ Experimental researches in electricity publicada en 1834

¹⁵ Equivalente electroquímico es la cantidad de sustancia que se deposita o se desprende en una celda electrolítica cuando circula durante un segundo una corriente de un amperio.

¹⁶ Un equivalente químico es la masa de sustancia liberada por el paso de corriente eléctrica

Cuando la descomposición electroquímica tiene lugar, hay grandes razones para creer que la cantidad de materia descompuesta no es proporcional a la intensidad, sino a la cantidad de electricidad pasada.¹⁷

Faraday, tuvo dificultades para diferenciar entre la cantidad de corriente y la intensidad, sin embargo su dedicación le llevo a distinguir las características de cada una logrando así su distinción¹⁸. En sus experimentos sobre electricidad descritos en *“Experimental Researches in Electricity, Seventh series”* publicados en *“Philosophical transactions”* en el año de 1834, le permitieron distinguir varios elementos fundamentales en la comprensión de la ley, como fue la diferenciación entre intensidad y cantidad de corriente eléctrica¹⁹. Además de esto, Faraday, contribuyo a la nomenclatura electroquímica y propuso el empleo del término “electrodo” en lugar de “polo”. Sugirió, además, el uso de los términos ánodo, cátodo, electrolito, electrolizar, ion, catión y anión (Ehl, 1954). Los experimentos de Faraday le ayudaron a descubrir las leyes de la electroquímica y, por ende, los métodos y materiales para su uso. No obstante, sus investigaciones estaban centradas a determinar la acción de la electricidad en la descomposición de diferentes sustancias, para ello propuso una serie de actividades experimentales durante las que diseñó aparatos e instrumentos de medida que le permitían medir la cantidad de corriente necesaria en la descomposición electroquímica, dándole el nombre de voltaelectrómetro posteriormente llamado voltámetro, que le sirvió para obtener observaciones y mediciones necesarias con el fin de confirmar su hipótesis sobre la descomposición electroquímica: *“la cantidad, en peso, de los elementos separados, es proporcional a la cantidad de electricidad que pasa por la corriente”* (Faraday, 1834, pág. 85)

Es en este momento que Faraday, determina los equivalentes químicos para un número determinado de sustancias por métodos electrolíticos a través de la transformación electrolítica del agua, tomando en cuenta algunas variables que, aunque no afectan la magnitud de la acción química en la cantidad de electricidad si las observó cómo análisis

¹⁷ Afirmación de la tercera serie de investigaciones publicadas en enero de 1833, por Faraday

¹⁸ Aspecto que J:J Berzelius no tuvo en cuenta y lo llevo a equivocaciones en estudio del fenómeno (Ehl, 1954)

¹⁹ La cantidad de electricidad es el flujo de carga por un material conductor y la intensidad de corriente es la cantidad de carga eléctrica que atraviesa la sección del conductor en un segundo, es decir, la diferencia está dada simplemente por la rapidez con la que atraviesa el material conductor. (Construcción generada en el equipo de trabajo del seminario de Fenomenología de la transformación de las sustancias de MDCN cursado en la Universidad Pedagógica Nacional)

del proceso de electrolisis : estas variables fueron, la variación del tamaño de los electrodos, intensidad de la corriente eléctrica y concentración de la solución de ácido sulfúrico usado, por lo que, halló que ninguno de estos tres factores afectaba la magnitud de acción química, si la cantidad de electricidad permanecía constante. Por lo que, a partir de sus observaciones concluyó que “...cuando era sometida a la influencia de la corriente eléctrica, una cantidad de ella (agua) era descompuesta, exactamente en proporción a la cantidad de electricidad que había pasado...” (Faraday, 1834, pág. 91),

A partir de la experimentación de la electrolisis del agua, analizó que, debería existir una cantidad irreducible de carga necesaria para disociar un compuesto, la carga utilizada en producir las cantidades observadas de hidrógeno u oxígeno a partir de agua, eran un múltiplo de la unidad electrolítica de carga básica, la cual podría ser aplicada para todas las sustancias electrolíticas el poder químico de una corriente eléctrica, es decir la cantidad de sustancia descompuesta, está en proporción directa a la cantidad de electricidad que pasa, concluye además, que la relación entre las masas de los elementos en los productos de una reacción electrolítica debe corresponder a la relación entre las masas de los elementos en la sustancia que se electroliza. Dedujo que aquello que la misma cantidad de electricidad descompone son los equivalentes electroquímicos, planteó que al pasar una corriente por un sistema químico, la cantidad de sustancias que se obtienen y se separan son variables y siempre están en la misma relación de los equivalentes químicos de las mismas sustancias, por lo que estableció que los equivalentes electroquímicos son siempre constantes (Faraday, 1834, pág. 110).

Después de sus experimentos con el agua y, al considerar la ley de la acción electroquímica definida, demostrada para la electrólisis del agua, Faraday procedió a experimentar con otras sustancias. Electrolizó el protocloruro de estaño fundido (SnCl_2) y por medio del volumen de gas en el volta-electrómetro, determinó el peso equivalente. El promedio de cuatro experimentos dio como valor para el equivalente del estaño 58.53, comparado con 57.9 que fue registrado para el equivalente químico. Para este experimento, uso electrodos de diferentes sustancias, como también al uso de arreglos en los que el metal bajo investigación era empleado como electrodo positivo, de manera que habría una transferencia directa del metal de un electrodo al otro. De estos últimos experimentos encontró que el electrodo positivo perdía tanto peso como el electrodo negativo lo ganaba

y todo en proporción equivalente al agua descompuesta en el voltámetro. A partir de esto, Faraday concluyó que:

...los números dejaban poca duda sobre la aplicabilidad de la ley de la acción definida en este y otros casos similares de electro-descomposición...” “No es frecuente que yo haya obtenido una concordancia numérica tan precisa como la que he justamente registrado”. Además, afirmó... todos estos hechos se combinan, yo pienso, en una gran cantidad de evidencia, que comprueba la veracidad de la importante proposición, que yo en un principio establecí, concretamente, que el poder químico de una corriente de electricidad está en proporción directa a la cantidad absoluta de electricidad que pasa. Ello demuestra, también, que no solo es cierto para una sustancia como el agua, sino en general para todas las sustancias electrolíticas... (Faraday, 1834, pág. 124)

Las observaciones y análisis con otro tipo de sustancias como el cloruro de estaño, le llevan a darle validez a la ley electroquímica, comprobando no solo el poder de la corriente eléctrica en la descomposición de las sustancias electrolíticas, sino también, la incidencia que tienen los electrodos en el proceso ya que él encontró que, el electrodo positivo perdía tanto peso como el electrodo negativo lo ganaba y todo esto en proporción al agua descompuesta en el voltámetro²⁰.

Finalmente, no tan convencido de la teoría atomista, y centrado en el estudio del efecto de la electricidad en las sustancias, determina que los equivalentes electroquímicos, al ser comparados con los pesos atómicos relativos poseen valores muy cercanos, como en el caso de los equivalentes electroquímicos de los iones cloro (35,5), yodo (126), bromo (78,3), flúor (18,7), calcio (20,5), potasio (39,2), estroncio (43,8) magnesio (12,7), manganeso (27,7) (Faraday, 1834, pág. 113). Basado en estos resultados, llega a la conclusión que los equivalentes químicos y electroquímicos son idénticos. (Preciado & Vasquez, 2016). En ese momento, Faraday insertó una “*Tabla de iones*” que podría ser, más propiamente considerada, una tabla de equivalentes. Lo que aparentemente él hizo, fue determinar los equivalentes electroquímicos para un número de sustancias por

²⁰ Instrumento adecuado para medir la cantidad de electricidad fundamentándose en la cantidad de sustancia que la misma puede liberar por electrólisis en un electrodo. También se le denominó culombímetro en 1902. (Ehl, 1954)

métodos electrolíticos. Los valores para el estaño y el plomo, por ejemplo, no son los que Faraday había hallado por experimento, sino que son los equivalentes químicos a los cuales sus resultados electroquímicos, se habían aproximado estrechamente (Ehl, 1954). Cabe resaltar que los resultados de los pesos equivalentes de Faraday no siempre se relacionaron con los pesos atómicos de los elementos, sino con los pesos de los iones que él formula, construyendo de esta manera una idea de peso equivalente.

847. Tabla de iones.

Aniones					
Oxígeno	8	A. Selénico	64	A. Tartárico	66
Cloruro	35.5	A. Nitríco	54	A. Cítrico	58
Ioduro	126	A. Clórico	75.5	A. Oxálico	36
Bromuro	78.3	A. Fosfórico	35.7	Azufre (?)	16
Fluoruro	18.7	A. Carbónico	22	Selenio (?)	
Cianógeno	26	A. Bórico	24	Sulfocianógeno	
Ac.	40	A. Acético	51		
Sulfúrico					

Cationes					
Hidrógeno	1	Cadmio	55.8	Soda	31.3
Potasio	39.2	Cerio	46	Litio	18
Sodio	23.3	Cobalto	29.5	Barita	76.7
Litio	10	Níquel	29.5	Estroncia	51.8
Bario	68.7	Antimonio	64.6?	Abono	28
Estroncio	43.8	Bismuto	71	Magnesio	20.7
Calcio	20.5	Mercurio	200	Alumina	(?)
Magnésio	12.7	Plata	108	Protóxidos	
Manganeso	27.7	Platino	98.6?	Quinina	171.6
Zinc	32.5	Oro	(?)	Alkaloide	160
Estaño	57.9	-----		Morfina	290
Plomo	103.5	Amonio	17	Alkali vegetal	
Fierro	28	Potasa	47.2		
Cobre	31.6				

Tabla N°1 Tabla de equivalentes. Tomado de Journal of chemical education 1954

A través del análisis histórico que he realizado, es importante reconocer en primera instancia, que los aportes de John Dalton, Antonie Lavoisier, Proust, Gay Lussac, Avogadro, Berzelius y Faraday proporcionan elementos necesarios para la comprensión del comportamiento de las sustancias en términos de la conservación y la proporcionalidad cuantitativa de las mismas, desde la interacción de estas en una reacción química, y de la misma manera las relaciones entre los volúmenes y la carga eléctrica a la luz de las equivalentes entre las sustancias.

De acuerdo con todo lo expresado anteriormente, es preciso aclarar que cuando hago referencia al término *equivalencia*, hago una distinción en cuanto al comportamiento de las sustancias en una reacción para formar compuestos, es decir, que una de las moléculas (o átomos) de las especies reaccionantes, reacciona con una o más moléculas (o átomos) del otro para generar la sustancia producida, de forma que siempre el cociente entre los

números de las moléculas (o átomos) reaccionantes de uno u otro compuesto es un número entero, así pues permite expresar la magnitud según la cual se combinan las sustancias. Por ejemplo, si el ácido clorhídrico (HCl) reacciona con la sosa cáustica (NaOH) según la reacción siguiente:



Una molécula de ácido clorhídrico habrá reaccionado con otra de la base (sosa) para formar dos nuevas moléculas, una de agua (H₂O) y otra de cloruro de sodio (NaCl), en este caso la relación entre el número de moléculas que han reaccionado, no importa la cantidad total de estas de cada compuesto será 1:1. Esta es una de las principales ideas que fundamenta la estequiometría, pues reconoce que para formar un determinado compuesto en una reacción química, los reactivos solo reaccionan en una cierta proporción y no otra, dado que si lo hicieran el compuesto sería otro totalmente distinto.

El trabajo experimental de Faraday, permite ampliar la comprensión en las relaciones de equivalencia que se dan en una reacción química, especialmente en las reacciones de descomposición electroquímica, donde se observa la relación entre la cantidad (masa-volumen) de la sustancia y la cantidad de electricidad suministrada y que, a través de comparaciones cualitativas y cuantitativas es posible identificar similitudes y diferencias, pero bajo una misma cualidad que los hace equivalentes. Es decir, Faraday demuestra que, con cierta cantidad de electricidad podría descomponer un volumen determinado de Hidrógeno a través de la electrolisis del agua en un tiempo determinado, estableciendo con ello, variables como: el tiempo, la cantidad de electricidad suministrada y la cantidad de sustancia descompuesta. Esto con el fin de comprobar que al usar la misma cantidad de electricidad para realizar otras descomposiciones (ejemplo de algunas sales) en el mismo tiempo usado en la electrolisis del agua, tal cantidad descompuesta es equivalente en relación con la cantidad de electricidad suministrada y, equivalente en actividad química, ya que es similar a la actividad que tuvo el hidrogeno en su proceso de formación a través de la descomposición por electrolisis. Observar estos procesos electrolíticos, en los que se pueden cuantificar cualidades como el volumen, la masa y la intensidad de la corriente, permiten establecer relaciones, identificar qué se mantiene durante cada uno de los procesos y qué cambia, encontrar similitudes y diferencias entre procesos, para así poder hablar de estos, que aunque pueden ser diferentes, poseen una cualidad que los hace

equivalentes, ya no se entenderá cada reacción aislada, sino que se podrá hablar de unas reacciones en función de otras. (Preciado & Vasquez, 2016)

El dialogo con los autores de fuentes originales permitió ampliar la comprensión y conceptualización de la manera como se dan las interacciones de las sustancias y con ello cuestionar y confrontar el modo como se proyectan tales situaciones en el aula. Del análisis histórico se derivan elementos relevantes para comprender de forma propia la materia a partir de los elementos que surgen al examinar dichos trabajos realizados a través de la historia para explicar las interacciones químicas.

3.4 Sobre la equivalencia entre ácidos y bases

Comprender el comportamiento de las sustancias es fundamental en el estudio de cualquier campo de la química, para alcanzar esta meta se puede partir de la observación del proceder y de las propiedades de los compuestos cuando entran en contacto con otras sustancias o se encuentran bajo la influencia de agentes externos (Preciado & Vasquez, 2016) es por ello, que para asimilar el comportamiento de las mismas a nivel macroscópico retomo los aportes hechos por el químico Francés Jean Antonie Chaptal, quien a través de su obra *Elementos de química*²¹, demuestra y establece los principios de combinación de las sustancias químicas y además expresa una aplicación de las sustancias a nivel mineral, vegetal y animal.

Según (Caro Castellanos & Mosquera Quevedo, 2015) la afinidad química es entendida como esa atracción dada entre algunas sustancias para formar otras y, particularmente cuando se habla de la formación de sales, es una interacción dada por la atracción recíproca entre ácidos y bases, las cuales pueden darse de diferente forma según algunos científicos del siglo XVIII consideran que tal afinidad puede darse por agregación o composición, dependiendo de la naturaleza de los cuerpos (Chaptal, 1790). Es

La afinidad por agregación es el resultado de la unión de varias partes de una misma sustancia, por ejemplo, dos o más gotas de agua que se reúnen en una sola forman un agregado, en el cual cada gota es conocida como parte integrante. De otro lado, la afinidad por composición menciona que los cuerpos de naturaleza diferente ejercen atracción entre

²¹ Documento original, *Elements of Chemistry* de Jean-Antoine-Claude Comte De C. Chaptal, William 1753-1815 Nicholson.

si y en virtud de esta forman nuevas sustancias (Chaptal, 1790) como es el caso de los ácidos y las bases, no obstante, esta afinidad es inversa de la afinidad de agregación pues los cuerpos de naturaleza diferentes ejercen atracción entre sí y por esto forman sustancias nuevas con características diferentes a sus principales constituyentes. (Chaptal, 1790).

Existe, según Bergman, un orden natural de las sustancias, en las que estas se atraen y por ende se unen y que, como producto de estas combinaciones aparecen nuevas sustancias, las cuales tendrán características completamente diferentes a las de sus constituyentes él afirmaba que:

Si una sustancia A que otras sustancias heterogéneas a, b, c atraen: supongamos, por otro lado, que, A combina con c hasta el punto de saturación, lo que designamos como la unión de A y de c = Ac, tiende a unirse a b cuando se le añade, y se separa de c. Se dice entonces que A atrae más fuertemente a b que c, o que b tiene una atracción electiva más fuerte que c. Supongamos finalmente que Ab se descompone por la adición de a, que b sea rechazada, y que a tome su lugar, se deducirá que la fuerza atractiva de a supera a la de b y que la serie a, b, c, etc. será exactamente el orden de eficacia de las fuerzas atractivas de estas tres sustancias (Bergman, 1788, pág. 68).

Con esto quería decir que, las partes constituyentes de determinadas sustancias, poseen en sí mismas atracciones electivas²², por ejemplo, los metales como el hierro, el zinc, el magnesio que se combinan fácilmente con ácidos, como el sulfúrico, el muriático o el nítrico, y no así con los diferentes álcalis. En el *tratado de afinidad química o atracciones electivas*, Bergman afirma que el ácido más fuerte es el fosfórico, pues está en capacidad de descomponer todas las sales alcalinas conocidas. Además, menciona la presencia de sustancias ácidas de origen natural como los ácidos de azúcar, la leche fermentada, el ámbar, la benjuí²³, el vinagre y casi todos los compuestos de arsénico (Bergman, 1788).

²² Bergman, llama atracciones electivas a lo que hoy conocemos como afinidades químicas.

²³ Refiriéndose a la sustancia que se destila naturalmente del árbol styrax benzoin y, sustancia que hoy día se conoce como resina.

En cuanto a los álcalis, el sueco los caracteriza por su solubilidad en agua, la formación de cristales cuando se secan o deshidratan y la efervescencia que presentan al contacto con los ácidos; no obstante, mediante la afinidad intenta explicar otras de sus propiedades, por ejemplo, debido a la afinidad sensible o aquella que aparece por intermedio de un tercero, enseña la relación que tienen los álcalis en la unión entre el aceite y el agua, lo cual explicaría el accionar de las lejías y los jabones (Bergman, 1788).

Bergman también indica que por afinidad los álcalis atraen en primer lugar a los ácidos vegetales y tienen menor selectividad por los ácidos de las tierras calcáreas. Particularmente los álcalis cáusticos de origen vegetal, que en su época son mezclas de hidróxidos de potasio y carbonatos, tienen la capacidad de combinarse con ácidos volátiles o aéreos, pero reaccionan más fácilmente con ácido vitriólico (Bergman, 1788). Gracias a estas ideas planteadas por el químico sueco, es que se concibe la existencia de ácidos más fuertes que otros o con un comportamiento más enérgico en contacto con otras sustancias.

En 1795, Jeremías Benjamín Richter, encontró una relación matemática entre los “equivalentes”²⁴ de una misma sustancia al reaccionar con sustancias diferentes. Por lo que enunció lo siguiente:

Si P es la masa de un elemento determinante y a, b, c, d, e , etc., las masas por él determinados y si Q es la masa de otro elemento determinante y $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$, etc., representan las masas del mismo elemento y si, las masas de compuestos neutros $P + a$ y $Q + \beta$, $P + a$ y $Q + \gamma$, $P + c$ y $Q + \delta$, $P + a$ y $Q + \epsilon$, etc. se descomponen por doble afinidad, de modo que los productos resultantes sean neutros, se verifica que las masas a, b, c, d, e , etc., tienen entre sí las relaciones cuantitativas iguales a las correspondientes entre las masas $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$, etc., o inversamente, [dicho en palabras más claras] Los equivalentes químicos de un

²⁴ En esa época se entendía por “equivalente” a la masa de un ácido requerida para neutralizar una masa dada de álcali.

mismo elemento en compuestos distintos guardan entre sí una relación sencilla”.
(Richter, 1795, pág. 96).

Son estos postulados, entre otros, las razones por las cuales se plantean las famosas tablas de afinidad entre ácidos y bases como formadoras de sales, la cual fue desarrollada durante los siglos XVII Y XIX y publicadas en 1802; propuestas por el químico sueco Torbern Olof Bergman en compañía de los alemanes Jeremías Benjamín Richter y Ernst Gottfried Fischer, tradujo al alemán el libro de Berthollet “*Recherches sur les Lois de L’Affinité*” en el que, agregó una tabla única de pesos equivalentes de ácidos y bases referidos a 1000 partes de ácido sulfúrico. De la tabla a continuación se observa, por ejemplo, que para neutralizar 859 partes en peso de soda o carbonato de sodio (Na_2CO_3) o 793 partes de peso de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), así mismo, se requieren 427 partes en peso de lo que se llamaba en ese entonces ácido fluorico (HF), 577 partes en peso de ácido carbónico (H_2CO_3), neutralizar 1405 partes en peso de ácido nítrico (HNO_3) se requieren 525 partes en peso de alúmina ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 615 partes en peso de magnesia ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), etc. (Richter, 1795). Richter mismo publicó una tabla en el año 1803, que contenía 18 ácidos y 30 bases.

Estas equivalencias tienen que ver con, cómo las cantidades de las sustancias que reaccionan unas con las otras, siempre son las mismas o por lo menos guardan una estrecha relación de proporción, por lo tanto, se puede afirmar que la masa de una es equivalente a la masa de la otra en acción química, por ejemplo: 525 de alúmina es equivalente a 615 de magnesia para neutralizar (o saturar) por ejemplo 427 de fluorico.

Bases		Ácidos	
Alúmina	525	Fluórico	427
Magnesia	615	Carbónico	577
Amoniaco	672	Muriático	712
Cal	793	Oxálico	755
Soda	859	Fosfórico	979
Estronciana	1329	Sulfúrico	1000
Potasa	1605	Nítrico	1405
Barita	2222	Acético	1480

Tabla n° 2: Tabla de equivalentes de Fisher. Tomado de *Physique mécanique*. 1819

Los alemanes, hacen uso de las enseñanzas del revolucionario químico Antoine Lavoisier²⁵ y movidos por la curiosidad que no solo le generaban los fenómenos de la basicidad y la acidez sino también, la implementación de artefactos que le pudiesen proporcionar mayor exactitud en sus cálculos, induce la concepción de un nuevo tipo de tablas de afinidad, explicando cómo se neutralizan mutuamente los ácidos y las bases a través de unos cálculos de pesos que denomina *relaciones estequiométricas*²⁶ (Bensaude-Vincent, 1997). A partir de estas experimentaciones en torno a las fuerzas químicas entre los ácidos y las bases y, su relación recíproca, Richter denomina ácido a la sustancia provocadora del cambio químico y base a la sustancia que posibilita el cambio para producir una sal, en la cual, se neutralizan las cualidades de las especies originales. Entonces plantea que existe una cantidad *equivalente* de cada base capaz de neutralizar las características de cierta cantidad de un ácido determinado, y a su vez cantidades equivalentes de cada ácido pueden neutralizar las características de una base previamente establecida (Hess, 1840).

3.5 Consideraciones experimentales sobre el fenómeno de la electrolisis, una práctica determinante en la comprensión de la equivalencia y la proporcionalidad.

La interacción de unas sustancias con otras y su comportamiento ha sido un fenómeno de interés que se ha visto reflejado a lo largo de la historia y que, hoy por hoy, continúa siendo objeto de estudio en la enseñanza de la química general en el bachillerato. Muchos científicos se enfocaron en comprender tales interacciones, preocupándose por las propiedades químicas de dichas sustancias, las cantidades y volúmenes reaccionantes y producidas y los diferentes métodos y técnicas experimentales que podrían proporcionar la información necesaria para la comprensión de este fenómeno. A partir de ello, mi mayor interés fue construir explicaciones a partir de la actividad experimental, las prácticas realizadas permitieron observar no solo el comportamiento de las sustancias al ser sometidas a diferentes procesos físicos y químicos sino también comprender la equivalencia desde el fenómeno de la de electrolisis.

²⁵ En su *Tratado Elemental de Química*, el francés genera un modelo de tablas de relación, en las que presenta los elementos o sustancias simples como componentes de numerosos compuestos, y en donde además organiza la afinidad de ácidos y bases como formadores de diversas sales.

²⁶ El término *estequiometría* se volverá popular con los estudios de química analítica basados en la ley de las proporciones definidas.

La vivencia de construcción de explicaciones al fenómeno de la electrólisis cloruro de magnesio muestra diferentes momentos y niveles de comprensión de la transformación de las sustancias. En la cual, jugó un papel importante el desarrollo del seminario de fenomenología de la transformación de las sustancias y el reconocimiento de las preguntas relacionadas con el fenómeno²⁷, la metodología implementada, el establecimiento de montajes experimentales que permitieran dar cuenta no solo de este, sino también de las comprensiones que giran en torno al mismo, la observación de las cualidades de las sustancias y objetos involucrados en el proceso, y a partir de ello, la comprensión de dicha observaciones experimentales desde los enfoques teóricos que relacionan variables adicionales al proceso como lo son la afinidad química, las fuerzas químicas entre otros. (Sandoval & Aldana González, De la transformación en general, 2020).

He aquí entonces de qué modo los diversos temas que el docente presenta están insertos en un proceso continuo de reorganización del patrimonio de «cosas aprendidas» constituido por observaciones, discursos, juegos, explicaciones, ejercicios, excursiones, etc., en los que lo individual y lo común se integran recíprocamente (M. Arcà & Mazzoli, 1990). A partir de lo anterior, se realizó la experimentación de la electrólisis del cloruro de magnesio, para lo cual, se plantearon dos experimentaciones relacionadas con dicho fenómeno, el primero con el simulador del Voltámetro de Hoffman (imagen 1) con las siguientes características:



Imagen 1: simulador voltámetro de Hoffman

Solución concentrada 0.8 M Tiempo total de la observación Intento 1: 1 hora 30 minutos Intento 2: 2 Horas Electrodos de Cu
--

Tabla 3. Condiciones experimentales electrólisis del cloruro de magnesio

²⁷ Actividad planteada en la propuesta de intervención de aula anexo 1

La intención fue observar, indagar y cuestionar el fenómeno a fin de establecer las cualidades que permitan dar cuenta de él, organizarlas, compararlas, ordenarlas y construir una explicación que fundamente lo que se plantea en la propuesta de aula. Para ello, previamente se preparó una disolución de cloruro de magnesio(II), disolviendo 45 gramos de $MgCl_2$ en 60 ml de agua. Con hilos de cobre se construyen dos electrodos insertados en cada una de las jeringas, tal como se observa en la imagen 2 evitando escapes de agua y gas en el sistema. Finalmente se dispone a una fuente de corriente eléctrica de 12 voltios proporcionada por un cargador.



Imagen 2. Electrodo de Cobre en cada jeringa

En el desarrollo del experimento se observó que inmediatamente se provee al sistema una corriente eléctrica, la reacción de descomposición se empieza a evidenciar, pues, al estar la sal disuelta estará disociada en iones de Cl^- y Mg^{2+} , los primeros se desplazan al ánodo positivo donde se oxidan permitiendo la formación de un gas de cloro producto de la reacción tal como se observa en la imagen 3. Ahora bien, los iones de Mg^{2+} se dirigirán hacia el cátodo donde se reducirá hasta obtener magnesio metálico disuelto.

En consecuencia, de las reacciones dadas en cada electrodo, se observó que finalizadas las dos horas los electrodos de cobre se habían desintegrado completamente, pero en el cátodo, se evidenció un residuo de color verde (imagen 4), presencia de un óxido de cobre producto de las semi reacciones dadas en él. Además, se observa un aumento del tamaño del electrodo unido al polo negativo generado por el depósito de magnesio.



Imagen 3. Formación de 11 ml de gas de Cloro



Imagen 4. Residuo color verde

Teniendo en cuenta los resultados de la primera y segunda experiencia se realiza un cambio de los electrodos por unos de acero, con el fin de evitar su desintegración, se manejan las mismas condiciones indicadas en la tabla 3 pero, con la variante mencionada tal como se observa en la imagen 5 y 6. Los resultados para esta experiencia fueron exactamente los mismos, con la presencia de un sedimento el cual fue complejo distinguir una cualidad particular para su identificación.



Imagen 5 y 6. Electrolisis de cloruro de magnesio con electrodos de acero

A partir de lo trabajado en el simulador de Hoffman, se plantea una segunda experiencia en la cual, se prepara la disolución de cloruro de magnesio(II), disolviendo 45 gramos de $MgCl_2$ en 60 mL de agua. Con alambre de cobre se construyen dos electrodos de forma circular, pero sin cerrarlos, los cuales se colocan en la cápsula Petri tal como se ve en la imagen 7. Se realiza una recreación de un retroproyector con ayuda de un vidrio y la linterna de un celular para observar lo que sucedía durante el proceso, finalmente dos cables que conducen a una fuente de poder que suministra 12 voltios. El cátodo es el electrodo de

menor tamaño. Y este se une al cable negativo de la fuente de poder y el ánodo al positivo. Posterior a ello, se inicia la electrólisis.

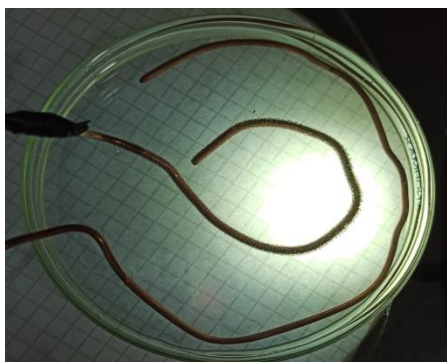
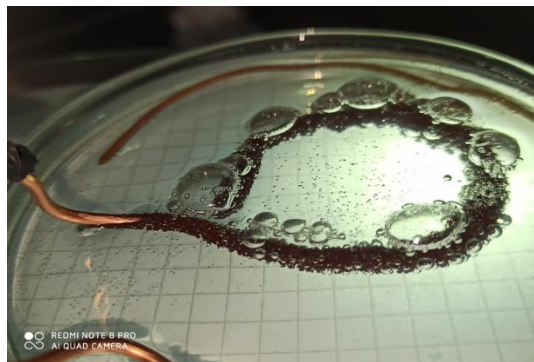


Imagen 7. Electrólisis de $MgCl$

Solución concentrada al 0,8 M
Tiempo total de observación: 2
Horas 40 minutos
Electrodos de Cu
12 voltios

Tabla N° 4. Condiciones experimentales práctica 2

Al comienzo de la electrólisis se empieza a observar que en el cátodo se desprenden unas burbujas, en los primeros momentos del electrólisis se observa un desprendimiento gaseoso en el cátodo (lo más probable es que sea hidrógeno del agua). También se observa que el cátodo adquiere mayor grosor. Más o menos a la hora y 15 minutos se observa que el desprendimiento de gas disminuye y el cátodo aumenta de tamaño, el desprendimiento gaseoso nunca desaparece y el cátodo sigue aumentando de tamaño. En el ánodo parece que no ocurre nada, sin embargo, luego de un rato se ven como unas fibrillas de color pardo. Finalmente se observan los electrodos al finalizar la experimentación obteniendo que el ánodo, cambio su coloración a un tono más claro. Y el cátodo tenía un aumento de tamaño debido al depósito probablemente del magnesio, En esta experiencia, no se deshizo el electrodo de cobre, este alambre se mantuvo intacto y conservó el mismo brillo finalizada la experiencia tal como se observa en la imagen 8 y 9.



Imágenes 8- y 9. Electrólisis del cloruro de magnesio

Con las prácticas realizadas se concluyó que las reacciones que ocurren en los procesos electroquímicos dependen de muchos factores: naturaleza de los electrodos, tensión de la corriente, grado de pureza del electrolito, etc. Por tanto, se debe ser cauto al explicar las reacciones siempre haciendo ver al estudiante que es una interpretación de los hechos pero que las reacciones pueden ser mucho más complejas en su realidad.

Con estas experimentaciones se logró poner de manifiesto algunos elementos explicativos de la transformación de las sustancias y la forma como constituyen nuevas sustancias a partir de otras que son completamente diferentes, los montajes experimentales a los que han sometido su situación de estudio para ver el comportamiento de las sustancias bajo condiciones controladas e identificar las variables de valor explicativo. Sin embargo, se pudo dar cuenta que es posible establecer relaciones entre cantidades medibles y relaciones matemáticas y que por esta vía pueden ser pensadas para otras situaciones generales de transformación de las sustancias planteadas en la propuesta de intervención en el aula. Es decir, aunque es necesario contemplar algunas magnitudes extensivas para calcular el tipo de cambio químico observado, se requiere ir más al detalle en la caracterización del fenómeno con el fin de describir los procesos que ocurren durante el cambio, ya que los datos por sí solos no permiten dar cuenta de la transformación de las sustancias.

Capítulo IV: Conceptualización del comportamiento de las sustancias químicas en una reacción a partir de la construcción de la fenomenología.

4.1 Análisis histórico-crítico como un punto de partida para la comprensión del fenómeno.

En el desarrollo de mi propuesta de investigación, he recurrido a la revisión de textos científicos de Antoine Lavoisier, Amadeo Avogadro, Michael Faraday, Olof Bergman y Benjamín Richter, con el fin de analizar y reflexionar sobre el estudio de los diferentes fenómenos de esta época, su análisis, su estructura y comportamiento, los acontecimientos que lo fundamentaron, los problemas sobre los que se indagó, los procedimientos que llevaron a su consolidación y, los lenguajes que se construyeron, entre otros elementos (Sandoval, Malagón Sánchez, Garzón Barrios, Ayala Manrique, & Tarazona Vargas, 2018). El dialogo con algunos científicos a través de los diferentes

textos analizados, aportaron a la reconstrucción de una visión particular acerca de los fenómenos estudiados, proporcionando de esta manera, una nueva forma de establecer conexiones entre el conocimiento científico con las propuestas pedagógicas que permitan su abordaje y comprensión. Dichos análisis toman fuerza cuando se evidencia en ellos, la importancia que tiene la historia de la ciencia en los procesos de enseñar y aprender en ciencias, la cual, va desde la comprensión de los fenómenos estudiados a través de su trayectoria y, por ende, de los aportes que se nos han proporcionado hasta hoy, hasta, el compromiso que tenemos como maestros de convertirlos en objetos de estudio para otros en pro de la construcción de conocimiento científico (Sandoval, et. al, 2018).

El abordaje de los textos científicos, permite una ampliación en la comprensión de nuestro campo fenomenológico, ya que se apoya de los siguientes aspectos, los cuales son fundamentales para mi estudio:

- A partir de la experimentación y medición realizada por Antoine Lavoisier, se constituye la ley de la conservación de la masa, dando cuenta que en toda transformación química las propiedades de las sustancias cambian, pero otras se conservan.
- Gay-Lussac y Avogadro, sus contribuciones permitieron dar cuenta de la conformación de diversos compuestos químicos y las relaciones y proporciones en las que se encuentran, también de la determinación de las masas relativas, sus volúmenes y sus relaciones que al ser analizadas permite establecer equivalencias.
- Gracias a Michael Faraday, fue posible ampliar la comprensión en las relaciones de equivalencia que se dan en una reacción química, especialmente en las reacciones de descomposición electroquímica, donde se observa la relación entre la cantidad (masa-volumen) de la sustancia y la cantidad de electricidad suministrada.
- Las contribuciones de Olof Bergman aportan características específicas para sustancias ácidas y álcalis y, además atribuye atracciones existentes entre estas sustancias para reaccionar y formar otras con características diferentes, algo que más adelante se conoció como afinidad química.

- Finalmente, Benjamín Richter, sus aportes demostraron que las cantidades de las sustancias que reaccionan (unas con las otras), siempre son las mismas o por lo menos guardan una estrecha relación de proporción, demostrando que la masa de una es equivalente a la masa de la otra en acción química.

Al mismo tiempo, me permitió establecer relaciones y comparaciones entre los experimentos realizados, facilitando asimismo su comprensión, para poder formular una ruta de acción dentro del aula que mejore los procesos de enseñanza de la estequiometría vislumbrando en ella el aspecto fenomenológico y no mostrándolo como un proceso mecánico de operaciones matemáticas alejadas de su esencia y comprensión.

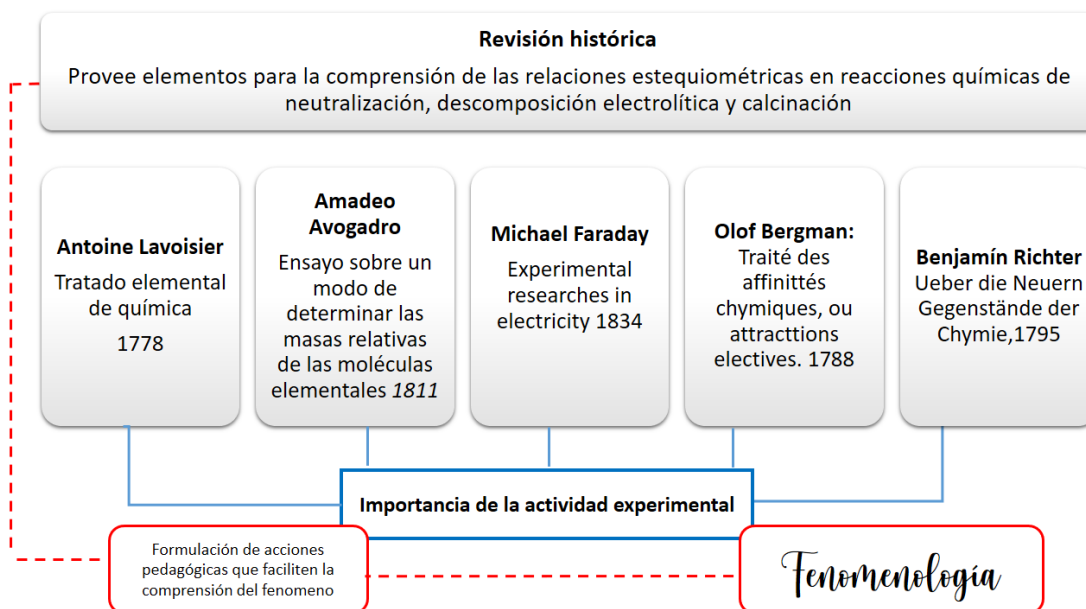


Figura 2. Textos históricos revisados. Fuente propia

La lectura y análisis de los textos de los científicos, fuentes primarias, tiene para la enseñanza de las ciencias una connotación importante; si bien no se pretende hacer historia de las ciencias, ni tampoco replicar los trabajos de los gestores de la ciencia, si se pretende identificar en estos textos elementos que aporten en la construcción de significados en torno al fenómeno estudiado e identificar las problemáticas e intereses de los científicos al realizar sus hallazgos de manera que permita confrontar las ideas

propias, permitiendo así reconocerse como sujeto cognoscente en la construcción de conocimiento científico (Fonseca, 2016).

Finalmente, se debe reconocer que los aportes de la historia a la ciencia, promueven una imagen de ella que ha venido en progreso gracias a las contribuciones que hoy por hoy conocemos y que son estructurantes para cada disciplina. Además, que su abordaje permite entender los problemas que originalmente motivaron la elaboración de un conocimiento particular, un acercamiento al fenómeno que lo hizo surgir y la significancia que este tiene para la estructuración racional de conocimiento en un periodo particular que se ha encontrado en constante cambio (Kuhn, 1962).

4.2 El análisis histórico-crítico y la actividad experimental

Es común considerar que, en los procesos que llevan a cabo los maestros de ciencias, se vincule la actividad experimental como estrategia fundamental para la apropiación de los diversos procesos de estas disciplinas, entendiéndose, como un factor determinante en la construcción de conocimiento. Estas construcciones parten de una trayectoria histórica que procede de las investigaciones de diferentes científicos en espacios de laboratorio de distintas épocas y que, viabilizan una reconstrucción de los hechos que constituyeron leyes, teorías y enunciados de relevancia para la ciencia.

La cuestión es que, para desarrollar una serie de actividades en el aula, es conveniente remitirse a la historia de la ciencia con el fin, no solo reconstruir los hechos que llevaron a los científicos a su estudio, los resultados, obstáculos y vicisitudes presentadas, sino también, diferenciar los ambientes, ya que es claro que el contexto científico y el contexto escolar son entornos disímiles, factor que se debe tener en cuenta al momento de planificar las actividades experimentales que fortalezcan los cuerpos teóricos en torno a un fenómeno determinado, como es el caso de la conservación de la masa en las reacciones de neutralización, la comprensión de la categoría de equivalencia en reacciones de descomposición electrolítica y su relación con la enseñanza de la estequiometría.

Es por ello, que uno de mis intereses es demostrar la importancia que tiene la actividad experimental en los procesos de construcción de conocimiento científico, destacando los elementos derivados del análisis histórico y la experimentación, en el planteamiento de una propuesta de intervención en el aula, que propenda al entendimiento de las leyes de la conservación de la masa, en contribución a la comprensión de la equivalencia y a la formulación de relaciones estequiométricas en reacciones químicas de neutralización. Dicha propuesta se presenta con la intención de hacer uso de la historia de la ciencia para contextualizar las situaciones de estudio, cuyo contenido se da desde la identificación del fenómeno hasta construcción significativa del conocimiento, involucrando a los estudiantes a la experiencia, a ir más allá de lo superficial del fenómeno, hacer uso del lenguaje para construir sus explicaciones y finalmente a darle significado a la actividad experimental y de la misma manera enriquecer su experiencia sensitiva con el pensar, el saber y el hacer.

Asumir la enseñanza de las ciencias en esta época implica, vincular a nuestros procesos pedagógicos, nuevas estrategias en las que no solo se fortalezcan las comprensiones con relación a las conceptualizaciones de la conservación de la masa, la aplicación de ecuaciones matemáticas en procesos químicos, la solución de problemas en estequiometría, sino también, en las que se pueda introducir a la historia como eje fundamental en el desarrollo de estas comprensiones, de manera que, se desarrollen reflexiones y discusiones frente a los diversos estudios históricos y epistemológicos como centro de la actividad de comprensión del fenómeno de estudio, dejando de lado la revisión histórica como un ente cronológico y anecdótico que carece de importancia dentro de construcción de conocimiento.

Para profundizar en este aspecto, he planteado una serie de situaciones experimentales, en las cuales, los estudiantes puedan realizar organizaciones a partir de la cualidad o conjunto de cualidades que se observan en torno al fenómeno de estudio. Es decir, esta cualidad o conjunto de cualidades, proporcionarán unos criterios de organización y clasificación alrededor del fenómeno de *la conservación de la masa*, los cuales, estarán encaminadas por ejercicios de comparación, clasificación y ordenamiento que permitan profundizar en el reconocimiento del fenómeno y establecer relaciones cualitativas y cuantitativas de acuerdo con los cambios que se presenten.

Esto conlleva a que la actividad experimental aporte al proceso una riqueza sensitiva, donde los aspectos fenomenológicos estudiados conduzcan a establecer relaciones entre fenómenos de diferente clase (reacciones de neutralización, calcinación y descomposición) con el fin de estudiar desde distintas reacciones *la conservación y la equivalencia* como un factor fundamental en la comprensión de las relaciones estequiométricas en una reacción.

Por lo tanto, para cada una de las etapas planteadas en la propuesta de aula se pretende fortalecer ciertas habilidades en el estudiante, como la observación, clasificación, indagación, medición, comparación, experimentación y análisis, buscando de esta manera, el establecimiento de una ruta de trabajo experimental, la cual, sea asumida como una actividad orientada a la concreción o síntesis de planteamientos teóricos producidos, interpretados y organizados que contribuyan a la construcción de explicaciones en torno al fenómeno de estudio. En la tabla n° 5, se deja esbozado que la organización del fenómeno, se hizo en torno a una cualidad que es seleccionada para su organización (Sandoval et. al 2018, p 27) por ejemplo, en el caso del fenómeno de acidez y basicidad, la cualidad elegida parte de las percepciones sensitivas de los receptores sensoriales y de las características expuestas para cada sustancia²⁸, las cuales, posteriormente se reconocerán a través de indicadores naturales vegetales que permiten agruparlos en sustancias ácidas y básicas, de acuerdo a su comportamiento químico y al viraje del color obtenido por la interacción con otra sustancia denominada indicador colorimétrico. La clasificación es, entonces, una primera forma organizada del estudio de una clase de fenómeno. La elaboración de escalas de calor o de escalas de acidez no implica tener una medida de esas cualidades, en el sentido de tener una unidad de medida que indique cuánto más o menos, o cuán mayor o menor que. Lo que si posibilita es identificar criterios para la unificación de cualidades opuestas. (Sandoval et. al 2018, p 28)

²⁸ Ácidos: Tienen sabor agrio, una sensación punzante o picante al tacto y se enrojecen a ciertos colorantes vegetales. Las bases: Tienen sabor amargo, tienen una consistencia jabonosa al tacto, olor picante y dan color azul a ciertos colorantes vegetales

Actividad experimental	Fenómeno	Intencionalidad y cualidad observada
Reconocimiento de ácidos y bases	Acidez y basicidad.	Reconocimiento (cualidades) de sustancias ácidas y básicas a través de los sentidos
Identificación de ácidos y bases a través de indicadores naturales	Acidez y basicidad.	Clasificación de sustancias ácidas y básicas a partir del viraje de color frente a extractos vegetales
Calcinación de los metales	Interacción de las sustancias. Conservación de la masa	Comparación, relaciones entre cantidades masas reaccionantes y producidas.
Proporcionalidad entre ácidos y bases	Interacción de las sustancias. Conservación de la masa Reacciones de neutralización.	Comparación y relación de magnitudes (Volúmenes reaccionantes) Relaciones de proporcionalidad.
Reconocimiento de sales a partir de titulación método de Mohr	Conservación de la masa Reacciones de neutralización.	Reconocimiento de sustancias (sal) a través del viraje de color
Electrolisis del cloruro de magnesio	Interacción de las sustancias. Conservación de la masa. Reacciones de descomposición.	Construcción de la categoría de equivalencia entre los fenómenos químicos y eléctricos en las reacciones de descomposición. Corriente eléctrica vs sustancia descompuesta

Tabla N° 5. Actividades experimentales abordadas en la propuesta de aula, en las que se detalla la fenomenología abordada y su intencionalidad y cualidad de observación.

A partir de lo mencionado anteriormente, he resaltado la importancia del uso de la actividad experimental y de los aportes históricos desde la visión fenomenológica en los procesos de enseñanza de las ciencias y en el planteamiento de actividades en el aula, como elemento clave en la comprensión y organización de un fenómeno, en el que se ve transformada, la experiencia, el lenguaje, las descripciones narrativas sobre las que se establece la formalización y la construcción de explicaciones al enfrentar su propio conocimiento con las predicciones, comportamientos y organizaciones realizadas desde el experimento. (Fonseca, 2016)

4.3 Actividad experimental: Entre el fenómeno y la fenomenología

Desde finales del siglo XIX, cuando la ciencia empieza a enseñarse de manera sistemática, el experimento empieza a formar parte de los procesos de enseñanza y aprendizaje en las ciencias. A partir de las reformas curriculares en la educación científica (al inicio de los años 60), el trabajo experimental se utilizó con la idea de que los estudiantes se ocuparan de investigaciones, descubrimientos, indagaciones y resolución de problemas: el trabajo experimental se volvió entonces el centro de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. (Millán, 2012). Actualmente, en su mayoría, los profesores de ciencias naturales consideran que la actividad experimental es una herramienta necesaria en sus procesos de enseñanza, por lo tanto, como docentes del siglo XXI, es necesario que le demos rigor a esta estrategia, no solo desde una perspectiva estructurante de la clase, que provea a los estudiantes de herramientas que los lleve a desarrollar: construcciones explicativas en torno a una problemática determinada, a fortalecer algunas habilidades científicas y desplegar otras, hacer un uso comprensivo del conocimiento científico, a fomentar la experiencia sensitiva, las narraciones descriptivas y a usar el lenguaje desde la fenomenología de estudio, sino también, a que proporcione elementos para que el estudiante realice análisis o se cuestione frente a los diferentes fenómenos naturales que existen y observa a su alrededor. Por ende, aparecen formas alternativas de concebir la actividad experimental, sin pretender corroborar teorías o descubrir la naturaleza, el experimento se vuelve un insumo para crear o ampliar las bases fenomenológicas, dando posibilidad a que el individuo desarrolle ideas y organice las mismas (Malagon, Ayala Manrique, & Sandoval Osorio, 2013). Podemos decir entonces que las actividades experimentales deben tener una coherencia metodológica en donde se relacione el fenómeno, los equipos o aparatos diseñados para su estudio, el diseño del experimento con la teoría y la habilidad del experimentador, alejando la posibilidad que la actividad experimental se convierta en un ejercicio escolar más con la que debe cumplir el profesor (Fonseca, 2016).

Resulta importante puntualizar frente a las distinciones y/o relaciones derivadas de la actividad experimental, las cuales parten de una serie de análisis que logran concretar la *realidad* de lo que sucede en nuestro entorno, es decir, a lo que nosotros llamaremos *el fenómeno*, el cual, se relaciona con el sujeto, ya que, es el sujeto quien interactúa con el fenómeno y es consciente de él, es decir, que, el fenómeno no es estático, por el mismo

hecho de ser algo que se aparece ante una conciencia. Entonces, si la conciencia cambia, el fenómeno cambia; por lo tanto, a medida que se van haciendo organizaciones del fenómeno este se ve transformado y evoluciona. Como se lo afirma (Malagón 2013) citando la fenomenología de Husserl²⁹ y Heidegger³⁰ señala que:

El fenómeno es lo que aparece frente a una conciencia. Como afirma Husserl, la conciencia existe en la medida en que es conciencia de algo y, por lo tanto, desde ese punto de vista el fenómeno no es en sí mismo, no existe en sí mismo, ni tampoco la conciencia existe en sí misma, hay una relación de doble vía. Como se plantea en la fenomenología de Husserl y Heidegger, el fenómeno requiere alguien ante quien aparecer, pero no oculta un ser verdadero de carácter absoluto. En nuestro caso podemos asumir que una conciencia es una persona, estudiante o profesor, que tiene una estructura mental, una historia social, psicológica, personal, que hace que esta interprete, piense, entienda o actúe de una cierta manera y con ello construya un campo fenomenológico (Sánchez, Sandoval Osorio, & Ayala Manrique)

La *fenomenología* se considera como todas aquellas descripciones e interpretaciones que exigen la organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas, una descripción detallada del fenómeno que está imbricada en la actividad experimental, actividad que, a su vez, exige una comprensión conceptual que acompañe a la intervención y disposición experimental. (Sandoval et. al 2018 p 19). Tal como se observa en la siguiente figura 3 existe una relación particular entre el fenómeno, el sujeto y las comprensiones del mismo que vinculan una construcción fenomenológica a partir de los modos de hablar, de conocer y de proceder en la percepción y estudio de este.

²⁹ 1931, páginas 9 -24

³⁰ 1949 página 3

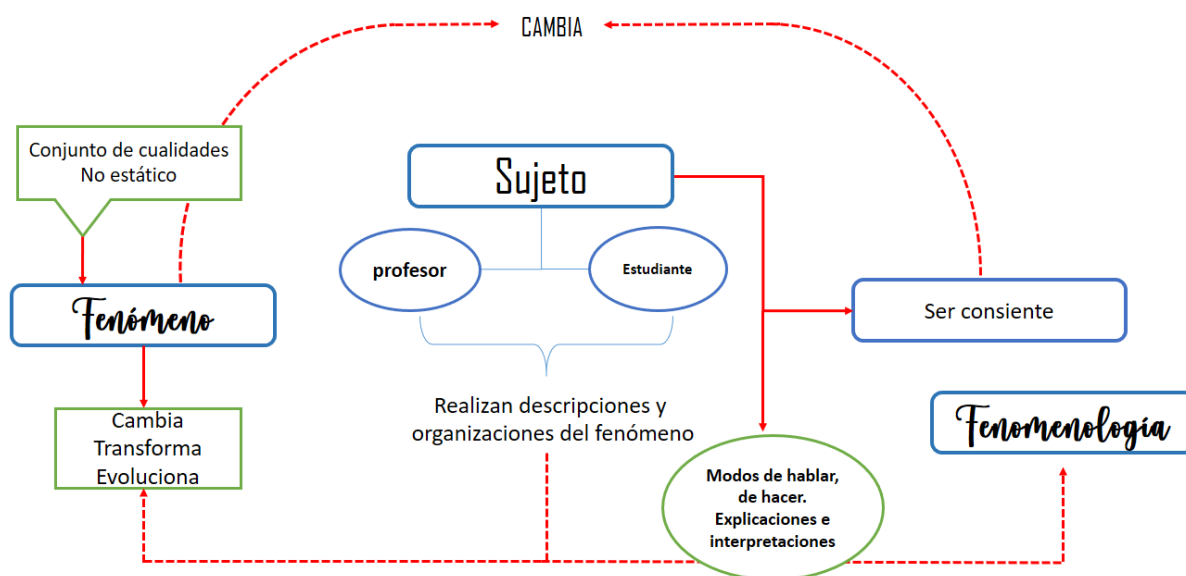


Figura 3. Esquema entre el fenómeno y la fenomenología. Fuente propia

Dentro de los contextos educativos es preciso que el docente de ciencias naturales, no solo de cuenta de la existencia de un fenómeno en particular, es necesario que, a partir de él, se construyan explicaciones donde el uso del lenguaje sea una forma para referirse a lo observado, de manera que, se hagan evidentes los procesos de formalización desatacando los elementos conceptuales relevantes que refuercen la comprensión de la fenomenología y el interés por aprender a través de la actividad experimental. Por formalización se entiende en un sentido amplio, a la construcción de palabras, signos, dibujos, procedimientos, operaciones matemáticas, proposiciones, entre otras, permiten empezar a hablar del fenómeno. (Malagón et ál., 2013 p 92)

Cabe resaltar que las ideas que consolidan mi propuesta de trabajo, están enfocadas en plantear nuevas formas de actuar, de pensar y de quehacer en el aula mediante la actividad experimental, de forma tal, que se perpetre la construcción de fenomenologías y procesos de formalización a través de las reacciones de neutralización, descomposición electrolítica y calcinación, la comprensión del comportamiento de las sustancias desde un punto de vista cuantificable que dé cuenta de lo equivalente en ellas, que permita evidenciar la conservación de las masas reaccionantes y que, a partir de ello, posibilite la formulación de las relaciones estequiométricas dadas en el proceso. En este proceso de construcción de explicaciones de esta fenomenología, es necesario que el individuo, en este caso el estudiante, tenga conciencia del fenómeno y su interacción con lo que lo rodea de manera

implícita y explícita y, de tal forma que posibilite su identificación, caracterización, sus formas de manifestación logrando con ello que se puedan realizar observaciones e interpretaciones de lo que se observa, esto provee al estudiante las herramientas cognitivas para que pueda realizar ejercicios de reconocimiento de lo que sucede, de comparación de sustancias, diferenciación de situaciones de tal manera que pueda generar explicaciones de lo que se va contrastando, construyendo y comprendiendo. Esto permite establecer que la fenomenología va más allá del estudio de los comportamientos observables y controlables del fenómeno, este proceder fenomenológico ha llevado a establecer relaciones que conllevan a la comprensión y conceptualización del fenómeno, renunciando o dejando de lado las formas tradicionales de conceptualizar y comprender las temáticas químicas (Reyes & Rodríguez, 2014).

En definitiva, la propuesta de enseñanza del fenómeno de la transformación y conservación de las sustancias en reacciones químicas de neutralización, calcinación y descomposición electrolítica parten desde los referentes históricos analizados y, en función de enriquecer dicho análisis en pro de la construcción de conocimiento científico en los estudiantes, se constituye una serie de actividades experimentales consideradas como facilitadoras en tales procesos, en los que, la observación y la organización de las estructuras explicativas propician relaciones entre la teoría y la práctica privilegiado así, el desarrollo de habilidades científicas, motivación y autonomía en su ejercicio escolar.

Uno de los elementos fundamentales a trabajar en mi propuesta de aula, radica en la comprensión de la equivalencia y la proporcionalidad en las reacciones químicas en general, aspectos que, a la hora de delimitar el fenómeno de las relaciones estequiométricas son estructurantes para teorizar, conceptualizar y formalizar el estudio de la conservación de la masa. Por lo tanto, a partir de las diferentes actividades experimentales, se propende al acercamiento del fenómeno para establecer relaciones entre la equivalencia y la proporcionalidad, entre los fenómenos eléctricos y los fenómenos químicos, entre lo cuantitativo y lo cualitativo, y por último entre el cambio y la conservación. Tal como afirman Sandoval, S., Ayala, M, Malagón, J. y Tarazona, L. (2006), existen tres aspectos vinculados al experimento que deben ser integrados al momento de proponer e implementar una actividad experimental, estos aspectos son: La organización de la experiencia y procesos de formalización como construcción de magnitudes y formas de medida, el experimento permite plantear problemas importantes para la enseñanza de las

ciencias y finalmente, la actividad experimental la cual propicia la construcción o ampliación de una base fenomenológica o de hechos de observación que serían estructurados a partir de una cierta teoría.

4.4 Etapas y diseño de la propuesta de intervención en el aula

Con el fin de darle cumplimiento a esos objetivos propuestos al inicio de la investigación, los cuales, se fundamentan desde la comprensión de la actividad química y sus interacciones, la conservación de la masa, la equivalencia y sus relaciones estequiométricas, se plantean una serie de etapas que contribuyen a generar una mejor asimilación y entendimiento de las fenomenologías que permiten su estudio desde la propia percepción sensitiva del fenómeno. Por lo tanto, observar el comportamiento de las sustancias en una combinación química y sus relaciones con otras variables, posibilitan espacios de construcción de explicaciones que permite concebir de una manera macroscópica el fenómeno, dejando los cálculos matemáticos en un segundo plano y, privilegiando la comprensión del fenómeno. A partir de esto, de la revisión de los textos científicos, y de la experimentación realizada, se plantea la ruta de aula que provee la construcción de las fenomenologías y de la formalización de esta, y se desarrolla en tres etapas tal como se indica en la figura 4.

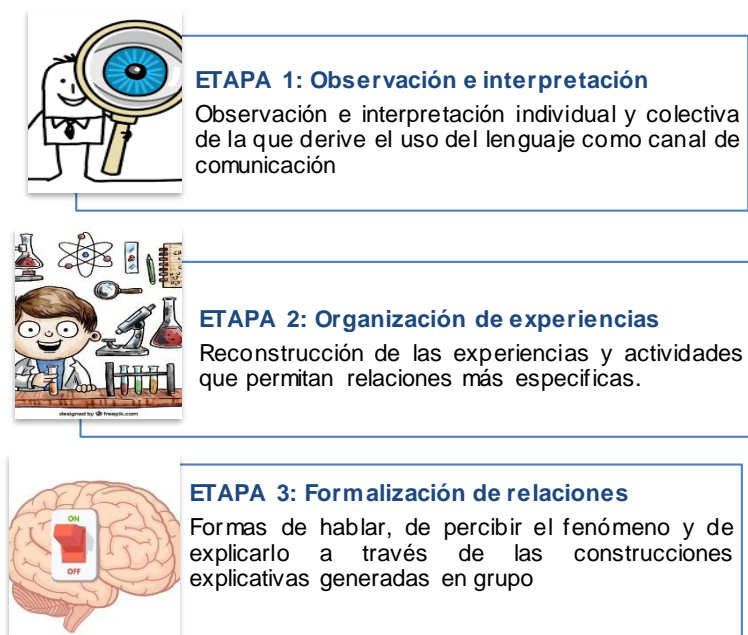


Figura 4: Etapas de la actividad en el aula

En la primera etapa, se pretende generar espacios de contextualización y observaciones experimentales donde se propicien espacios de interpretación, indagación y análisis frente a la situación presentada, esto con el fin que el estudiante realice procesos facilitados por un ejercicio cruzado de información (personal y colectiva) que deriven en el uso del lenguaje como principal canal de comunicación entre los estudiantes. Estas actividades experimentales promueven la organización de esquemas mentales, de comprensiones en nuevos lenguajes y en nuevas teorías desde los cuales es posible teorizar en contexto y organizar el mundo fenomenológico para la propia conciencia (Nieto, Mendez Nuñez, Pedredos, & Tarazona , 2019). Es por ello que, desde la experiencia con el fenómeno, el estudiante pueda desarrollar y fortalecer las dimensiones lógicas, críticas y prácticas en el ejercicio.

En la segunda etapa, se plantea la organización de las experiencias, la cual está enfocada en la construcción de explicaciones de la fenomenología de la interacción entre ácidos y bases, la equivalencia del comportamiento químico de las sustancias en las reacciones de neutralización y además donde se reconstruyen las experiencias y dinámicas que permitan establecer comparaciones entre las cualidades observadas y que son propias para ser organizadas, posibilitando de esta forma obtener relaciones más específicas. La experiencia ayuda a ampliar los conceptos y situaciones que se están inmersos dentro del fenómeno, por lo que se puede afirmar que organizarla permite una mayor comprensión y construcción del fenómeno y origina un enlace entre las formas de hablar, de percibir el fenómeno y de explicarlo. (Reyes & Rodríguez, 2014)

Y finalmente, en la etapa 3 la formalización de las relaciones, está enfocada al uso comprensivo del conocimiento científico, es decir, contribuye a que el estudiante hable del fenómeno desde las diferentes construcciones conceptuales que se han venido trabajando en el proceso, como por ejemplo: Explicaciones ligadas a la actividad química y la interacción de las sustancias desde: la conservación de la masa, las relaciones cuantitativas de los cambios químicos de las sustancias en una reacción de neutralización, las relaciones de proporcionalidad entre pesos de productos obtenidos a partir de diferentes cantidades de reactivos y, por último, la comprensión de la

categoría de equivalencia y la transformación de las sustancias como parte fundamental de las relaciones estequiométricas en una reacción química. En consecuencia, estas tres etapas están pensadas desde las comprensiones, consideraciones y construcciones que he realizado a través del análisis histórico-crítico en torno a las leyes de la conservación de la masa, en comprensión de la categoría de equivalencia y a la formulación de relaciones estequiométricas en reacciones químicas de neutralización.

Es importante señalar que, en los procesos de formalización, hablar del fenómeno implica construir palabras para referirse a él de una forma determinada. Por ejemplo, en el caso de las reacciones de neutralización, se podría poner en juego discusiones a partir de, las interacciones de sustancias ácidas y básicas, de una afinidad y una fuerza de atracción específica de las sustancias para combinarse, de una conservación de las masas implicadas en el proceso y, además, se podría hablar no solo de otras magnitudes de estudio, sino también, de otras características macroscópicas de la reacción. En este sentido, comprender la fenomenología significa establecer algún tipo de relaciones y poner de presente que las cualidades son la forma como se entiende y se comprende el fenómeno. (Sánchez, Sandoval Osorio, & Ayala Manrique).

Con el fin de tener una claridad en detalle tanto de las actividades planteadas en la propuesta en cada etapa como de los objetivos disciplinares esperados a trabajar con su ejecución, en la Tabla 6, se plantea el resumen del contenido proyectado, que permita generar comprensiones en la fenomenología de estudio y en las tablas 7,8 y 9 podrá observarse una descripción más detallada de cada una de ellas en cada etapa.

Etapas	Intención disciplinar	Actividad
1	Caracterización de sustancias ácidas y básicas	<ul style="list-style-type: none"> •Lectura: Acidez estomacal •Practica experimental reconocimiento de ácidos y bases •Elaboración de indicadores naturales
1	Indagación sobre las relaciones de proporcionalidad en una reacción de neutralización.	<ul style="list-style-type: none"> •Lectura de contexto histórico •Actividad experimental: proporcionalidad entre ácidos y bases
1	Interacción de las sustancias.	<ul style="list-style-type: none"> •Lectura de contexto histórico •Act. Experimental: calcinando metales

2	Identificación de variables: Interacción de las sustancias, reconocimiento de la formación de sales	<ul style="list-style-type: none"> •Actividad experimental: Reconocimiento de sales por método de Mohr
2	Comparación de cantidades y construcción de proporciones presentes.	<ul style="list-style-type: none"> •Actividad experimental- Electrolisis del cloruro de magnesio
3	Construcción de explicaciones Relaciones, equivalencias, generalizaciones y socialización de la interacción y el comportamiento de las sustancias en reacciones de neutralización.	<ul style="list-style-type: none"> •Actividad de cierre: Poster científico

Tabla N° 6. Resumen de actividades de la propuesta de intervención en el aula

Por eso, esta propuesta de intervención aspira a brindar al estudiante mejores herramientas para comprender las fenomenologías propias de la transformación de las sustancias, en torno a las interacciones químicas, la conservación de la masa, las relaciones estequiométricas en función de la actividad experimental. Para lo anterior, se propone desarrollar estrategias metodológicas y experimentales que permitan al estudiante interactuar con sus compañeros, validar sus aportes, conceptos con las que puedan interpretar variables en una reacción química desde el punto de vista estequiométricos.

ETAPA	ETAPA 1: OBSERVACION E INTERPRETACION
INTENCION DISCIPLINAR	<p><u>CARACTERIZACION DE SUSTANCIAS ACIDAS Y BASICAS:</u> Objetivo: Caracterizar y agrupar sustancias tanto ácidas como alcalinas a través de sus sentidos: Olor, sabor y tacto con el fin de identificarlas y agruparlas como ácidos y bases.</p>
CRITERIOS DE ANALISIS	Organización de observaciones: Propiedades de los ácidos y álcalis
ACTIVIDAD	<p>Actividad N°1: Lectura</p> <p>Para ello se plantea una lectura relacionada con el ácido clorhídrico y la acidez estomacal, esta lectura hace mención a las características que tienen las sustancias ácidas, su importancia en los procesos digestivos, cómo se produce, y cuáles son las anomalías que genera a nivel biológico cuando se genera un exceso de ella. También hace referencia a las sustancias que recomiendan los expertos en medicina para neutralizarlos y sus características a nivel químico.</p> <p>Actividad N°2: Práctica experimental reconocimiento de ácidos y bases.</p>

	<p>Haciendo uso de sentidos y de la obtención de indicadores de pH de origen natural, los estudiantes realizan una identificación de diferentes sustancias que les permita caracterizar cada sustancia de acuerdo a su sabor (algunas), su olor, y finalmente su pH; las sustancias que se van a analizar son: Jugo de limón, café, zumo de tomate, orina, bebida carbonatada, muestra de sangre, huevo, licuado de lenteja, huevo, bicarbonato de sodio, jabón líquido, leche de magnesia, milanta, leche de almendras, agua, crema de manos, licuado de manzana y brócoli. Posterior a ello se agruparán cada sustancia de acuerdo a su pH y características observables.</p> <p>Actividad N°3: Práctica experimental fabricación del indicador natural y reconocimiento de sustancias.</p>
INTENCION DISCIPLINAR	<p style="text-align: center;"><u>INDAGACIÓN SOBRE LAS RELACIONES DE PROPORCIONALIDAD EN UNA REACCIÓN DE NEUTRALIZACIÓN</u></p> <p>Objetivo: Establecer el comportamiento de las sustancias reaccionantes y producidas con respecto a la interacción de los volúmenes o cantidades de las especies participantes.</p>
CRITERIOS DE ANALISIS	<p>Observación y descripción: Cantidades reaccionantes y producidas</p>
ACTIVIDAD	<p>Se plantea una actividad en la que se evidenciará los procesos de neutralización, por interacción de ácidos y bases. En la cual se pone en juego la idea de fuerzas de atracción entre las sustancias y proporciones. Para ello se plantean dos momentos para el desarrollo:</p> <p>Actividad N°4 Lectura: Sobre la proporcionalidad en las reacciones químicas</p> <p>Se realiza una lectura de contextualización en la que se habla de la idea de fuerzas químicas de atracción entre ácidos y bases y, además, de los experimentos realizados por Fisher con este tipo de sustancias, poniendo en manifiesto la interpretación de las tablas de Fisher y su relación con las proporciones.</p> <p>Actividad N° 5 Práctica experimental: Proporcionalidad entre ácidos y bases</p>

	Haciendo uso de sustancias ácidas y básicas de uso cotidiano, se busca que las estudiantes observen las reacciones de neutralización. ¿Cómo? Cada grupo de estudiantes tomará una cantidad de un ácido determinado, el cual van a neutralizar con diferentes bases y de esta manera comprobar las proporciones de neutralización, tomando un registro similar a las experimentaciones realizadas por Fisher.
INTENCION DISCIPLINAR	<u>INTERACCIÓN DE LAS SUSTANCIAS</u> Objetivo: Reconocer las formas de hablar y la estructura que tiene el estudiante de la manera como se realizan las combinaciones químicas
CRITERIOS DE ANALISIS	<i>Explicitación de saberes a través de la observación:</i> Comportamiento de las sustancias
ACTIVIDAD	Se plantea una actividad en la que se evidenciará los procesos de la interacción de las sustancias. Para ello se plantean dos momentos para el desarrollo Actividad N° 6 Lectura: Interacción de las sustancias Se realiza una lectura de contextualización de las leyes de la conservación de la masa y alguno de los experimentos que llevaron a Lavoisier a la formulación de esta, donde se pone de manifiesto diversos elementos históricos que permitieron la consecución de dichas leyes. Actividad N° 7: Práctica experimental Calcinando metales Se realiza una actividad experimental en un sistema abierto y se pesan los gramos de Cinta de Magnesio entregada. Los estudiantes colocarán la placa Petri en la plancha y calentarán hasta ver que no hay más cambios en el Mg. Mientras se enfría se repite todo el procedimiento dos veces más. Cuando la placa Petri este fría, pesar y comparar resultados. Para un sistema cerrado se hace lo mismo que en el sistema abierto, excepto en vez de con la placa Petri usamos una Matraz Erlenmeyer y la tapamos con una bomba con el fin de no dejar escapar el humo producto de la calcinación

Tabla N° 7: Estructura de la propuesta de aula etapa 1

ETAPA	ETAPA 2: ORGANIZACION DE LA EXPERIENCIA
	<u>CARACTERIZACIÓN DEL FENÓMENO</u>
INTENCIÓN DISCIPLINAR	Objetivo: Describir las cualidades y las características del fenómeno de las reacciones de neutralización a partir del reconocimiento de sus productos
ANÁLISIS	Identificación de variables: Interacción de las sustancias, reconocimiento de la formación de sales
ACTIVIDAD	<p>A partir de la actividad n° 5 y de la identificación previa de las cualidades de las sustancias ácidas y básicas, se reconoce la formación de sales a partir de la interacción de estas sustancias y la formación de las sales, especialmente del cloruro de magnesio la cual se utilizará más adelante para la electrolisis.</p> <p>Actividad n° 8: Práctica experimental Reconocimiento de sal de cloruro a través de Método de Mohr</p> <p>Se plantea una práctica en la que los estudiantes puedan realizar el reconocimiento de la sal formada en la actividad experimental número 5. Consiste en un procedimiento de reconocimiento de sales a través de la titulación de Mohr, (titulación por precipitación de cloruros). Se titulará la sal obtenida (cloruro de magnesio) de la reacción de neutralización con un agente titulante (nitrato de plata) para formar un sólido de color plateado, dando positivo para sal de cloruro con un indicador de dicromato de potasio</p>
	<u>ELABORACIÓN DE LA CATEGORÍA DE EQUIVALENCIA</u>
INTENCION DISCIPLINAR	Objetivo: Problematizar la forma como vienen comprendiendo el fenómeno desde la categoría de equivalencia.
ANALISIS	Comparación de cantidades y construcción de proporciones presentes
ACTIVIDAD	<p>Actividad N°9: Práctica experimental electrolisis del cloruro de magnesio</p> <p>Se plantea una actividad experimental en la que a partir de la sal obtenida en la actividad número 5, se realice la descomposición del cloruro de magnesio, en el cual, se trabajará la proporción y la equivalencia a partir de la interacción de la corriente eléctrica en términos de la descomposición de la sustancia.</p>

Tabla N° 8: Estructura de la propuesta de aula etapa 2

ETAPA	ESTAPA 3: FORMALIZACIÓN DE RELACIONES
INTENCION DISCIPLINAR	<p><u>FORMAS DE HABLAR DEL FENOMENO</u></p> <p>Objetivo: Contrastar las explicaciones dadas por los estudiantes a partir de la reflexión sobre los resultados obtenidos experimentalmente</p>
CRITERIOS DE ANALISIS	<p><i>Construcción de explicaciones</i></p> <p>Relaciones, equivalencias, generalizaciones y socialización de la interacción y el comportamiento de las sustancias en reacciones de neutralización.</p>
INTENCION DISCIPLINAR	<p><u>CONCEPTUALIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA MASA</u></p> <p>Objetivo: Relacionar la equivalencia con el comportamiento químico de las sustancias en reacciones de neutralización argumentando de esta manera la importancia de la cuantificación de volúmenes y masas.</p>
CRITERIOS DE ANALISIS	<p><i>Construcción de explicaciones</i></p> <p>Relaciones, equivalencias, generalizaciones y socialización de la interacción y el comportamiento de las sustancias en reacciones de neutralización</p>
ACTIVIDAD	<p>Actividad N°10: Elaboración de la categoría de equivalencia</p> <p>A partir de esta actividad se busca que las estudiantes construyan un poster de tipo científico en cual evidencien las explicaciones construidas en torno al fenómeno de la conservación de la masa, la comprensión de la equivalencia en relación al fenómeno observado en las reacciones químicas de neutralización y en la electrolisis de cloruro de magnesio. En este poster se buscará que las estudiantes relacionen la equivalencia con el comportamiento químicos de las sustancias en las reacciones de neutralización y la electro descomposición evidenciando de esta manera la importancia de la cuantificación de volúmenes y masas.</p>

Tabla N° 9: Estructura de la propuesta de aula etapa 3

4.5. Validación de la propuesta de aula

*La nueva forma de enseñar ciencia
consiste también en enseñar a los maestros
a enseñar ciencia
León Lederman*

En el desarrollo de mi trabajo he mencionado la importancia de brindar a los estudiantes diferentes estrategias que posibiliten la comprensión y la construcción de conocimiento en torno a la fenomenología de la conservación de la masa en reacciones de neutralización. Es por ello, que se somete a discusión la propuesta de intervención en el aula con un grupo de docentes de ciencias naturales y matemáticas en ejercicio, con la intención de conocer sus opiniones en términos de los aspectos disciplinares, pedagógicos y experimentales que se vislumbran en la planeación de la misma. Desde esta perspectiva, se acude a una socialización de las actividades planteadas a nivel experimental y de contexto histórico donde se resaltan los elementos históricos analizados para plantear las actividades, las diferentes formas de abordar la conservación de la masa y los ejercicios experimentales que fortalecen la idea de proporción y equivalencia con fines comprensivos a favor de la estequiometría.

Cabe resaltar que la planeación de las actividades integra acciones experimentales con la intención que los estudiantes realicen sus propias discusiones, descripciones, cuestionamientos, organizaciones desde la observación de cualidades que le permitan no solo dar cuenta del fenómeno sino también de generar explicaciones propias y grupales para comprender su fenomenología. A partir de ello, se plantea una encuesta para recoger la información destacando los siguientes aspectos:

- El análisis y la interpretación de las observaciones recibidas a partir del encuentro de validación con un grupo de docentes de ciencias de especialización y maestría de la Universidad Pedagógica Nacional, se hizo apelando a métodos cualitativos a través de la interacción con sus aportes y al mismo tiempo a partir del registro escrito de una encuesta finalizada su socialización y que, permitieron una elucidación de las fortalezas que tiene la propuesta y, por ende, los aspectos de mejora que se deberían poner a

consideración de acuerdo con su intención en el desarrollo de la propuesta de intervención.

- Los docentes destacan que, en esta propuesta, se proveen herramientas históricas y experimentales para la enseñanza de diferentes temáticas como: la conservación de materia, reacciones de neutralización, reacciones de descomposición, equivalencia, estequiometría de manera articulada, siendo esta última una de las temáticas más complejas del bachillerato y que, a partir de la estructuración planteada, se construyen explicaciones a través de las experiencias sensibles, las cuales se llenan de significado cuando el estudiante es participe de los procesos de observación, organización y construcción de explicaciones en torno a el fenómeno de la conservación.
- Los docentes participantes del ejercicio reconocen que la propuesta de aula es propicia para la construcción de explicaciones desde la organización de experiencias cercanas a los estudiantes para ser enriquecidas con prácticas dadas a través de la actividad experimental, proyectando así que la propuesta de aula tiene una coherencia en términos de los objetivos propuestos con las actividades planteadas en cada una de las etapas.
- Asimismo, los docentes, reconocen la pertinencia de abordar las reacciones químicas entre ácidos y bases, con el objetivo de generar aprendizajes desde la conceptualización histórica de la conservación de la masa y la estequiometría, implementado el ejercicio experimental como una estrategia relevante para su enseñanza y aprendizaje. Además, se destaca que la propuesta está fundamentada desde criterios de orden disciplinar construidos en el análisis histórico de fuentes primarias de mi investigación, lo que resalta un dominio del tema y una excelente distribución de las actividades para afrontar de manera atractiva, coherente y significativa la fenomenología de la conservación de la masa.
- Se resalta también, una articulación de todas las actividades experimentales a través de la secuencialidad de las mismas, el uso de los productos de

actividades experimentales previas como materia prima para otros ejercicios prácticos, demostrando así, un hilo conductor en el desarrollo de la propuesta a partir de un avance en la organización del fenómeno en distintos niveles de comprensión.

- Si bien es cierto, para algunos docentes los tiempos no eran los apropiados, cabe aclarar que cada una de las actividades planteadas están diseñadas para implementarse en tiempos razonables, no solo para el desarrollo de las actividades experimentales y de contextualización histórica, sino también con los espacios de discusión establecidos para el análisis de las situaciones fenomenológicas puestas a la base de nuestro estudio.
- Cada una de las etapas de la propuesta cuenta con una intención disciplinar, unas cualidades de observación (ver tabla n° 5), unas descripciones del fenómeno y de la actividad a realizar, asumiendo el trabajo experimental como un espacio exclusivo para la observación en detalle de los montajes implementados, del fenómeno planteado, de la manipulación del material empleado etc, de manera que el estudiante encuentre un sentido atractivo y didáctico de la forma como se presenta este para ser asimilado y comprendido en pro del cumplimiento de los objetivos de cada una de las etapas.

De esta manera, se recurrió a la encuesta (anexo 2) y al diálogo entre pares como principal pauta evaluativa y, a partir de la información recogida se determinó que a la propuesta de aula no se le realizará ningún ajuste, ya que, en su mayoría, los comentarios generados tanto en la encuesta como en la socialización de la propuesta, fueron positivos destacando en ellos, aspectos de orden pedagógico y disciplinar fundamentales para su implementación futura. En cuanto a los aspectos de mejora se hacen aclaraciones en virtud de puntualizar en algunos detalles determinantes para algunos docentes como el manejo de los tiempos de cada actividad y la intencionalidad para cada etapa.

5. Capítulo V: CONSIDERACIONES FINALES Y REFLEXIONES

A partir del desarrollo de mi trabajo investigativo, de la problemática inicial, de los objetivos propuestos, es posible rescatar diversos elementos pedagógicos que conllevan a unas reflexiones finales con respecto al quehacer del docente de ciencias naturales en los procesos de enseñanza de la conservación de la materia. Por lo tanto se concluyó que:

Efectos del docente en los procesos de enseñanza de la estequiometría

La estequiometría manifiesta el estudio de un fenómeno complejo que demanda ser analizado y organizado para su divulgación desde diferentes estrategias epistemológicas y prácticas que propendan a la construcción de explicaciones a partir de una visión fenomenológica. La conservación de la materia, la idea de equivalencia y la estequiometría en reacciones de neutralización, son aspectos muy complejos dentro del proceso de enseñar y aprender química, que para muchos colegas incluye una matematización del fenómeno alejado de todos aquellos aspectos y cualidades que intervienen en su observación, y que son fundamentales para su entendimiento cuando se recurre la actividad experimental como una estrategia para su comprensión.

A partir de la caracterización del fenómeno de la conservación de la masa en reacciones de neutralización surgieron elementos relevantes para la formulación de actividades tanto experimentales como de contexto histórico que ayudaron a consolidar la idea de proporcionalidad, equivalencia, cambio y conservación como aspectos fundamentales para su comprensión y que, parten del entendimiento que, en la interacción de las sustancias, la masa, el volumen y la corriente eléctrica son elementos que permiten determinar relaciones como evidencia de las propiedades de las sustancias cuando están en actividad química.

Al inicio de mi trabajo y, en mi paso por los algunos seminarios de la maestría, tuve una serie de cuestionamientos que me llevaron a consolidar mi tesis, interrogantes como: ¿Cómo hacer para que los estudiantes comprendan que la estequiometría es un complemento para el estudio de la conservación de la materia? ¿Qué estrategias

implementar para que las comprensiones de la fenomenología conlleven a una idea de equivalencia y proporción como aspecto relevante para el entendimiento de la ley de la conservación de la masa en reacciones de neutralización? ¿Cuál es la importancia de la actividad experimental en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la estequiometría? Dichos interrogantes propiciaron una búsqueda a su respuesta, y en el transcurso, me llevaron a pensar y a reflexionar en estrategias pedagógicas y didácticas que transformarán la manera convencional como se enseña la estequiometría. Aunque no fue posible la aplicación y la interacción con los estudiantes, si pude extraer elementos (pedagógicos-didácticos-teóricos-históricos) que modificaron la forma de abordar la transformación de la sustancias en general, la cual, se presenta como alternativa para otros docentes que quieran usarla, ajustarla y modificarla de acuerdo a su criterio y conveniencia pedagógica.

Efectos de la actividad experimental

Una de mis inquietudes iniciales se fundamenta en la importancia que tiene la actividad experimental en los procesos de enseñar y aprender estequiometría en diferentes reacciones químicas, a partir de esto, pude evidenciar que las actividades experimentales planteadas en la propuesta de aula, posibilitarían en los estudiantes la construcción de explicaciones a partir de la observación del fenómeno, y que contribuye al entendimiento del mismo a través del uso del lenguaje y de las maneras de explicar, las cuales, se consolidan y fortalecen con el desarrollo de cada actividad y de esta manera, provee una profundización de los saberes desde el caracterizar una sustancia hasta explicar y relacionar el comportamiento de estas de manera cualitativa y cuantitativa. Por lo tanto, desde mi proyección la actividad experimental permite:

- Vincular a los estudiantes de manera activa dentro del proceso de construcción de conocimiento y desarrollo de habilidades, ya que en las actividades planteadas es el estudiante quien indaga, crea, plantea, produce, experimenta, mide, analiza y explica lo observado en el fenómeno desde su experiencia práctica, sensorial y conceptual.

- Estructurar el proceso de enseñanza de la estequiometría en el aula de manera significativa se da, desde la formulación de actividades experimentales en las que se aborde el fenómeno desde diferentes reacciones (neutralización, calcinación, descomposición eléctrica) demostrando así, que el fenómeno de la conservación de la masa no es estático ni uniforme, sino que, se puede facilitar su comprensión, si se construyen explicaciones desde la experimentación y no desde la abstracción que implica enseñar estequiometría de manera sistemática.

Efectos del análisis histórico

Uno de los aspectos más revelantes dentro del desarrollo de mi trabajo fue el abordaje de diferentes textos científicos, los cuales, permitieron un acercamiento a los hechos primarios, ideas generadoras, hipótesis comprobadas o refutadas, teorías consolidadas y experimentos llevados a cabo por cada uno de los científicos como base de estudio con respecto al comportamiento de las sustancias, la interacción de ácidos y bases, la proporcionalidad de las mismas y su conservación cuando se da un cambio químico. Este reconocimiento fortaleció mis argumentaciones, amplió sustancialmente las explicaciones con respecto al fenómeno de estudio y configuró una nueva forma de abordar el fenómeno a través del planteamiento de actividades en el aula, incluyendo de manera significativa los principios básicos que desencadenaron su origen y organización.

Incorporar el análisis histórico se convierte en un instrumento que proporciona una reconstrucción de los hechos científicos que contribuyeron a la construcción de explicaciones en torno al fenómeno, y a partir de ello propicia que el docente haga una reconstrucción de tales aspectos y lo planteé de manera significativa para que el estudiante no solo lo comprenda sino también se acerque a ese conocimiento científico que muchas veces se le atribuye una visión aleja del conocimiento escolar.

Referencias

- Arevalo, D. E. (2012). Estrategia de aula para el mejoramiento de la enseñanza de la estequiometría. Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia .
- Arévalo, D. M. (2012). Algunas estrategias de aula para el mejoramiento de la enseñanza de la estequiometria en la media técnica. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia .
- Avogadro, A. (1811). *Ensayo de una manera de determinar las masas relativas de las moléculas elementales de los cuerpos y las proporciones según las cuales ellas entran en estas combinaciones.*
- Bello, R. M., & Sánchez Bertomeu, J. R. (2003). Historia y epistemología de las ciencias. *Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación López Piñero*, 13.
- Bensaude-Vincent. (1997). *Historia de la química*. Madrid: Addison-Wesley Iberoamericana S.A.
- Bergman, T. O. (1788). *Traité des affinités chymiques, ou attracttions electives*. Paris : Buisson.
- Bonilla, K. F. (2009). Estudio histórico epistemológico del trabajo de Amadeo Avogadro. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED No. Extraordinario*, 5.
- Caro Castellanos, O. A., & Mosquera Quevedo, D. A. (2015). *Análisis Histórico-Critico y Actividad Experimental en la Enseñanza de la Basicidad*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Chaptal, J. A. (1709). *Elementos de química* (2 ed., Vol. 2). (H. A. Lorente, Trad.) Madrid: Librería la calleja.
- Dalton, J. (1808). *El atomismo en química, un nuevo sistema de filosofía en Química*. (I. P. Gonzalez, Ed.) Universidad de Alicante.
- Ehl, R. G. (Mayo de 1954). Leyes electroquímicas de Faraday y la determinación de pesos equivalentes. . *Journal of Chemical education*, Traducción Luis F. Farrera.
- Faraday, M. (1834). *Experimental researches in electricity*. London.
- Fonseca, A. J. (2016). Análisis histórico crítico y la actividad experimental: Construyendo el fenómeno de la flotación. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

- Gene, R. (mayo de 1954). Leyes electroquímicas de Faraday y la determinación de pesos equivalentes. Traducción. (L. F. Farrera, Trad.) Madison, Wisconsin: Journal of Chemical Education.
- Hess, M. (1840). *On the scientific labours of Jeremias Benjamin Richter*. London: Addressed to the Imperial Academy of Sciences of St. Petersburg.
- Lavoisier, A. L. (1778). *Tratado de química elemental*.
- Loren, J. M. (9 de Septiembre de 2011). *Teoría atómica de Dalton, ley de Dalton de las presiones parciales, ley de Dalton de las proporciones múltiples, Dalton, daltónicos, daltonismo*. Obtenido de Epónimos científicos : <https://blog.uchceu.es/eponimos-cientificos/teoria-atmica-de-dalton-ley-de-dalton-de-las-presiones-parciales-ley-de-dalton-de-las-proporciones-multiples-dalton-daltonidos-daltonismo/>
- M. Arcà, P. G., & Mazzoli, p. (1990). Educación científica y estilos de enseñanza. *El aula como sistema de relaciones*, Capítulo II.
- Malagon, J. F., Ayala Manrique, M. M., & Sandoval Osorio, S. (2013). *Construcción de Fenomenología y procesos de formalización*. Bogotá: Biblioteca central de la Universidad Pedagógica Nacional.
- Millán, G. H. (1 de Marzo de 2012). *Scientific Electronic Library Online*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2012000500001
- Nieto, M. V., Mendez Nuñez, O., Pedredos, R., & Tarazona, L. (2019). El aula como sistema de relaciones. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Pérez, J. C. (2017). Las analogías en la enseñanza de la estequiometría en décimo grado. Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia .
- Poveda, J. A. (2015). Los estudios histórico-críticos en la formación de Licenciados en física y en ciencias naturales: El caso de la estructura de la materia de Roguer Boscovich. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Pozo, J. (1998). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid: Morata.
- Preciado, J. C., & Vasquez, L. P. (2016). Categoría de equivalencia para la enseñanza de la estequiometría desde una visión fenomenológica. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

- Reyes, L. R., & Rodríguez, C. A. (2014). Construcción de la fenomenología de la interacción y la equivalencia de la actividad química de las sustancias. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Richter, J. B. (1795). *Ueber die Neuern Gegenstände der Chymie*, (Miguel Katz ed., Vol. IV). Alemania .
- Sánchez, J. F., Sandoval Osorio, S., & Ayala Manrique, M. (s.f.). La actividad experimental: Constucción de fenomenología y procesos de formalización. En *Un sentido para la enseñanza de las ciencias* . Bogota: Universidad Pedagógica Nacional .
- Sandoval, S. O., & Aldana González, J. A. (2020). De la transformación el general. *Fenomenologia de la transformacion de las sustancias*.
- Sandoval, S. O., Malagón Sánchez, J. F., Garzón Barrios, M., Ayala Manrique, M. M., & Tarazona Vargas, L. (2018). Una perspectiva fenomenologica para la enseñanza de las ciencias. Bogotá, Colombia : Colección ciup 41 años.
- Usuga, P. A. (2015). Las prácticas de laboratorio como una estrategia didactica alternativa para desarrollar competencias basicas en el proceso de enseñanza -aprendizaje de la química. Medellín , Colombia : Universidad Nacional de Colombia .
- Varela, J. (15 de marzo de 2016). *A hombros de gigantes. Ciencia y tecnología* . Obtenido de <https://ahombrosdegigantescienciaytecnologia.wordpress.com/2016/03/15/>

ANEXO 1: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL AULA

Actividad N° 1

Intención disciplinar: Caracterización de sustancias ácidas y básicas

El ácido clorhídrico y la acidez estomacal



El ácido clorhídrico es una de los componentes del jugo gástrico que se secreta en el estómago durante la ingesta de alimentos. En

las personas mayores, la incapacidad para secretar dicho ácido supone uno de los cambios fisiológicos más notables que afecta la digestión; este padecimiento se llama hipoclorhidria.

Muchos nutrientes como los minerales y algunas vitaminas, necesitan de una acidez adecuada en el estómago para ser digeridos y luego absorbidos. El ácido clorhídrico es el encargado de optimizar el pH del estómago; es decir, mantener la acidez que favorezca la digestión y la absorción de dichos nutrientes.

La secreción del ácido gástrico es estimulada al masticar y deglutir. También la presencia de alimentos en el estómago o tan solo el hecho de ver o imaginar comida aumenta las secreciones gástricas que a su vez hacen que

aumente la producción de una enzima denominada *pepsina*, encargada de la digestión de proteínas. Si no existe suficiente cantidad de ácido clorhídrico la presencia de pepsina resulta insuficiente lo que hace que las proteínas no se degraden, no den lugar a aminoácidos y por tanto pueda aparecer una deficiencia de estos. Los aminoácidos son unidades con las que el organismo construye las proteínas, por lo que la carencia de los mismos puede provocar un retraso en el crecimiento y dificultar la construcción de órganos y tejidos.

El ácido clorhídrico es importante en la digestión de los alimentos, sin embargo, su exceso puede provocar problemas ya que una acidez excesiva daña los tejidos del tracto digestivo y contribuye a la generación de gastritis y úlceras.

El ácido clorhídrico y su influencia en la absorción de hierro y calcio.

La cantidad de ácido gástrico presente en el estómago condiciona la cantidad de hierro absorbido. La falta de ácido clorhídrico, interfiere en la absorción de hierro “no hemo”, forma en que el hierro está presente en alimentos como los huevos, las legumbres, los frutos secos, y las verduras de hoja. Esta falta de ácido

no permite que el hierro “no hemo” se solubilice en los líquidos gástricos y duodenales, por lo tanto, no se absorba, lo que puede provocar la aparición de una anemia ferropénica; es decir, una anemia por falta de hierro.

En cuanto al calcio, uno de los factores que hace que aumente su absorción es la presencia de un medio ácido. Por lo tanto, la deficiencia de ácido clorhídrico podría provocar una disminución en la absorción de este mineral.

La hipoclorhidria es uno de los factores que dan lugar a la deficiencia de una proteína denominada factor intrínseco, indispensable para la absorción de la vitamina B12. Esta vitamina interviene en la formación de glóbulos rojos, por lo que su deficiencia ocasiona la aparición de una anemia perniciosa, que se caracteriza por una disminución del número de glóbulos rojos y por el aumento de tamaño de los mismos.

El ácido clorhídrico y las bacterias

Al consumir alimentos, entran a nuestro cuerpo microorganismos a través de la nariz y la boca. La mayoría de ellos no sobreviven mucho tiempo en un medio ácido, por lo que la combinación del pH ácido del ácido gástrico y las enzimas digestivas, da como resultado la destrucción de la mayor parte de los mismos. Si el ácido clorhídrico no está presente en cantidades suficientes, muchos de ellos pueden sobrevivir, y aunque la mayoría son inocuos, existen otros como la *salmonella* y la *Escherichia coli*, que pueden causar toxoinfecciones.

La acidez estomacal se da cuando el ácido clorhídrico pasa al esófago ataca al mismo estómago. El esófago es el tubo

que transporta la comida desde la garganta hasta el estómago. La acidez estomacal que ocurre con frecuencia se llama reflujo gastroesofágico.

¿Cómo ocurre?

En el fondo del esófago hay un músculo con forma de anillo llamado esfínter esofágico inferior. Funciona como una válvula, cuando se deglute, este músculo se abre para que la comida pase hasta el estómago. Después el anillo se cierra para evitar que el contenido del estómago retroceda de vuelta al esófago. Cuando el músculo del esfínter no funciona bien, los ácidos del estómago y la comida empiezan a subir por el esófago, como el esófago no tiene ningún revestimiento protector como el estómago, el ácido lesiona sus tejidos y produce dolor.

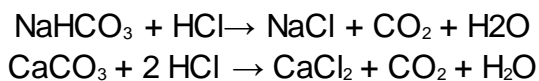
El esfínter esofágico a veces no funciona en forma correcta por razones como: tener sobrepeso, estar en embarazo, tener una hernia hiatal, comer demasiado, acostarse muy pronto después de comer y usar ropa muy ajustada que apriete el estómago.

Las comidas que pueden agravar la acidez estomacal son: alimentos con mucha grasa, azúcar, chocolate, cebollas, cítricos como el jugo de naranja, alimentos picantes, café y alcohol. Cuando los niveles del ácido se descompensan y sentimos esa molesta acidez, debemos recurrir a un antiácido.



Un antiácido no es otra cosa que un compuesto químico que, reacciona con el exceso de ácido (protones) del estómago, generando una reacción de neutralización. Un antiácido consigue aumentar el pH del estómago, y así elimina la acidez que sentimos. Los antiácidos de neutralización directa más habituales son: bicarbonato sódico, carbonato de aluminio, carbonato cálcico, hidróxido de magnesio e hidróxido de aluminio.

La cantidad de CO₂ dependerá del antiácido que estemos utilizando; en concreto, se generará dióxido de carbono si usamos bicarbonato o carbonato, lo cual provocará los molestos eructos. Veamos esas reacciones de neutralización:



Así pues, la próxima vez que notemos acidez estomacal y tomemos un antiácido para combatirla, nos sentiremos mejor gracias a la química ácido-base. Y es la química, la que está continuamente presente en nuestras vidas, casi siempre para bien.

Tomado de: Biociencias: ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, entorno físico pag. 144 adaptación Elena Díaz Poner autor

***D**iscusión*

- ♣ ¿Qué sustancias se han descrito en la lectura?
- ♣ ¿qué características se enuncian de ellas?

- ♣ ¿de qué manera el ácido clorhídrico afecta nuestro cuerpo?
- ♣ ¿Cómo podemos evitarlo?
- ♣ ¿Qué otras sustancias que conoces tienen características similares a las del ácido gástrico?
- ♣ ¿química, que sucede al interior de nuestro estomago cuando consumimos antiácidos?
- ♣ ¿qué sustancias en nuestra casa son ácidas, básicas y sales?

Tiempo destinado: 2 Horas

Actividad N° 2

Intención disciplinar: Caracterización de sustancias ácidas y básicas

Práctica experimental: indicadores naturales reconocimiento de ácidos y bases

INTRODUCCION:

Los receptores sensoriales son terminaciones nerviosas especializadas, ubicadas en los órganos de los sentidos, como la lengua, la piel, la nariz, los ojos etc, y en los órganos internos, capaces de captar estímulos internos o externos y generar un impulso nervioso en el cerebro que permite identificar los el sabor y el gusto de las sustancias. El sabor integra toda la información sensitiva recibida en la boca: olor, gusto, textura, temperatura. El gusto, en cambio, nos da información sobre la identidad de los elementos, su concentración y afectividad (agrado o desagrado).

Por otro lado, los indicadores son sustancias que, mediante un cambio de color, nos ayudan a identificar si las sustancias son ácidas o básicas, es decir, si su pH es menor o mayor que siete. La identificación se hace muy fácil ya que los indicadores presentan diferentes colores en medio ácido y en medio básico.

Objetivo: Reconocer el carácter ácido o básico de una sustancia con ayuda de los receptores sensoriales y diferentes indicadores naturales.

Pregunta inicial:

¿De qué manera los órganos de los sentidos nos ayudan a reconocer sustancias y agruparlas en ácidos y bases?



Comencemos ...

Los sentidos químicos, el gusto y el olfato, se encuentran entre las respuestas más elementales del ser vivo a su entorno. Los receptores del gusto y del olfato son quimiorreceptores, se activan ante estímulos de naturaleza química. Los receptores del gusto son receptores secundarios, mientras que los del olfato son las neuronas aferentes primarias modificadas. La diferencia entre ambos respecto al estímulo radica en que los quimiorreceptores gustativos detectan moléculas que están en solución, y los olfativos, moléculas que además de ser solubles han de ser también volátiles.

Sensibilidad
gustativa

Estímulo ácido - amargo - dulce- salado



Con el fin de agudizar el sentido del gusto y del olfato, venda los ojos de tu compañero e identifiquen las siguientes sustancias con respecto a su percepción teniendo en cuenta estas características.



Ácidos

Tienen sabor agrio
Tienen una sensación
punzante o picante al
tacto
Enrojecen a ciertos
colorantes vegetales

Bases

Tienen sabor amargo
Consistencia jabonosa al
tacto
Olor picante
Dan color azul a ciertos
colorantes vegetales

SUSTANCIA	ÁCIDA	BÁSICA
Jugo de limón		
café		
zum de tomate		
bebida carbonatada		
Jugos de sangre del hígado de res		
licuado de lenteja		
bicarbonato de sodio		
jabón líquido		
leche de magnesia		
Milanta		
leche de almendras		
Agua		
crema de manos		
licuado de manzana		
Licuado de brócoli		

Tiempo para esta práctica: 1 hora

Actividad 3








Intención disciplinar: Caracterización de sustancias ácidas y básicas

Fabricación del indicador natural y reconocimiento de sustancias

Para continuar con la actividad experimental anterior cada equipo deberá escoger una sustancia natural para utilizarla como posible indicador.

Tiempo para desarrollo de esta práctica experimental 2 horas



-  Col morada
-  Cúrcuma
-  Zanahorias
-  Pétalos de rosa
-  Té negro
-  Remolacha
-  Pétalos bugambilias

Preparar una infusión de cada una de las sustancias, dejar enfriar cada solución y filtrar con ayuda de un colador o papel filtro.

Agrega gotas de cada indicador que preparaste a pequeñas cantidades de sustancias que queremos identificar.



Registra tus observaciones en relación al cambio de color y la posible identificación de la mismas.

Sustancia	Col morada	Cúrcuma	Zanahoria	Pétalos de rosa	Té negro	Remolacha	Pétalos de bugambilias
Jugo de limón							
Vinagre							
Bebida carbonatada							
Jugos de sangre hígado de res							
Orina							

Café							
Jabón líquido							
Leche de magnesia							
Milanta							
Ácido clorhídrico							
Saliva							

De acuerdo con lo anterior, en la siguiente tabla clasifique las sustancias por su comportamiento químico.

ACIDOS	BASES O ALCALIS	NEUTRAS	No presenta cambios

Discusión

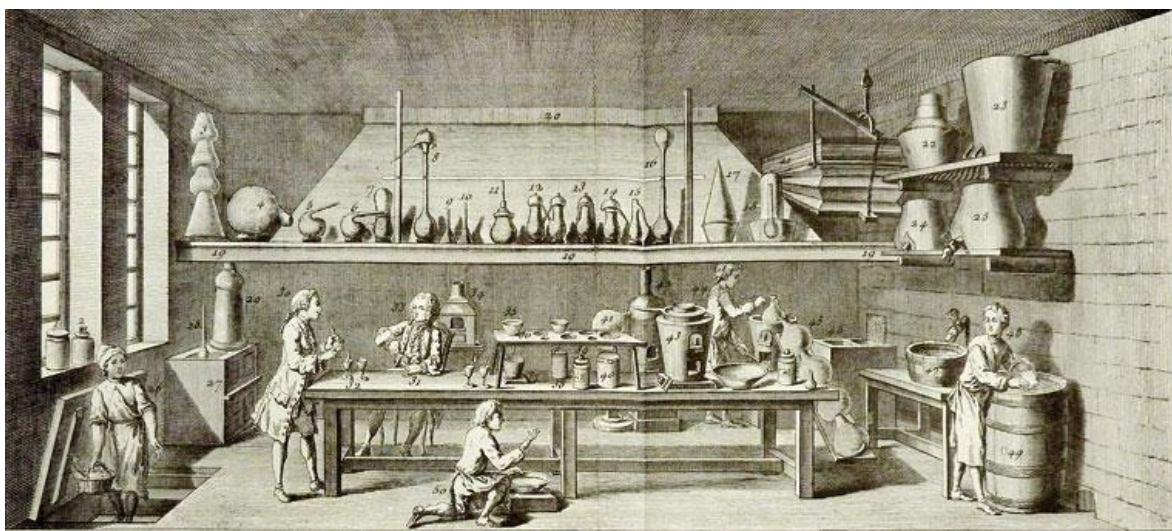
- ♣ ¿Qué colores presentan las diferentes sustancias usadas como indicadores en medio ácido y en medio básico?
- ♣ ¿Crees que todas las sustancias son buenos indicadores? ¿Por qué?
- ♣ ¿Qué sustancia de todas las elegidas te parece que es mejor indicador? ¿Por qué?
- ♣ ¿Cuántas gotas se necesitan para que se produzca el viraje (cambio de color) de las sustancias indicadoras?
- ♣ ¿Podría desaparecer el color de la muestra después de haberle añadido la sustancia utilizada como indicador y recuperarla con el color que tenía al principio? Razona tu respuesta.
- ♣ Compare sus resultados y conclusiones con algún compañero de estudios. A partir de la experiencia realizada, indica las características que identificaste de las sustancias ácidas y básicas. Comenten sobre la utilidad de esta actividad y cómo se relaciona con alguna experiencia que hayan tenido en su vida cotidiana.

Tiempo para esta práctica: 2 horas

Actividad N°4

Intención disciplinar: Indagación sobre las relaciones de proporcionalidad en una reacción de neutralización

Sobre la proporcionalidad en las reacciones químicas de neutralización



Laboratorio del siglo 18, como se muestra en la Encyclopedie de Diderot

Antes del siglo XVIII, los químicos comenzaron a preocuparse por los cambios observados en la naturaleza de las sustancias, por lo que, en su momento surgieron diferentes interrogantes en relación a como la materia se transformaba y, además, comprender las razones por las cuales unas sustancias tenían más "atracción" por unas que por otras.

La idea original de que los cuerpos semejantes tenían cierta afinidad entre ellos, llevó a que a finales del siglo XIX se avanzara en el estudio y se entendiera la afinidad como una simple tendencia a la unión entre sustancias. Sin embargo, tiempo después y gracias a los aportes de Geoffroy en 1718, Torbern-Olof Bergman retoma sus investigaciones y propone unas tablas las cuales parten de experimentaciones una por la vía húmeda y la otra por la vía seca, integrando estas tablas con cincuenta y nueve columnas, las cuales tenían datos de las reacciones químicas entre ácidos y bases con el fin de comprender la afinidad química, además concibe la basicidad y la acidez como cualidades de las sustancias e intenta medirlas para determinar las fuerzas de atracción que hay entre ellas.

Con el fin de matematizar la experiencia y cuantificar dichas combinaciones de neutralización mutua de ácidos y bases, Ernst Goilf Fisher introduce a la química, las relaciones estequiométricas, las cuales tiene como fin establecer las proporciones en las que se combinan estas sustancias. Fisher, construye unas tablas, donde plantea unas equivalencias químicas entre ácidos y bases, visualizando en ellas, que existe una cantidad equivalente de cada base capaz de neutralizar un ácido específico, y a su vez una cantidad equivalente de cada ácido pueden neutralizar las características de una base determinada.

Actividad N° 5

Intención disciplinar: Indagación sobre las relaciones de proporcionalidad en una reacción de neutralización

Proporcionalidad entre ácidos y bases

Cuando ingerimos alimentos, éstos llegan al estómago y se mezclan con los jugos gástricos, que son una disolución de **ácido clorhídrico** (al 1% aproximadamente, lo que le confiere un pH en torno a 0,8), sales (como cloruro sódico, NaCl, y cloruro potásico, KCl) y enzimas digestivas en forma inactiva. Sin embargo, a veces, cuando comemos en exceso o ingerimos alimentos muy pesados, los niveles ácidos del estómago se descompensan, sentimos esa molesta acidez y debemos recurrir a un antiácido. En el mercado se conocen varios tipos de antiácidos. Estas sustancias reaccionan con el ácido clorhídrico del estómago, uno de ellos es el llamado "mylanta" cuyo componente principal es el hidróxido de aluminio. Por lo tanto, vamos a observar las relaciones cuantitativas y la proporcionalidad de las sustancias ácidas y básicas cambiando las concentraciones de sus sustancias iniciales. Para ello vamos a usar



- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de aluminio....
- Tirillas de pH
- Vasos de precipitado
- Pipetas



Las tiras reactivas de pH son tiras de papel impregnadas con sustancias naturales similares a las trabajadas en la experiencia anterior, que en función de la acidez o la basicidad de la muestra con la que toman contacto cambian de color.

Paso 1:

Tomar el vaso de precipitados con 50 ml de ácido clorhídrico concentrado a diferentes concentraciones, registrar pH



Paso 2:

Agregar mililitro a mililitro del hidróxido de aluminio hasta que el referente cambie de color, esto te indicara que sus propiedades han sido neutralizadas, registrar pH



Paso 3:

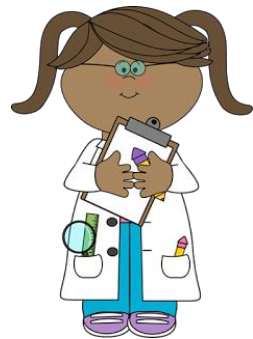
Repetir este ejercicio con disoluciones de Leche de magnesia, hidróxido de calcio, hidróxido de potasio

Luego repetir este procedimiento con el hidróxido de magnesio.

Paso 4:
Tomar el vaso de precipitados con 50 ml de hidróxido de magnesio a diferentes concentraciones, registrar pH



Paso 5:
Agregar mililitro a mililitro del ácido clorhídrico hasta que el referente cambie de color, esto te indicara que sus propiedades han sido neutralizadas, registrar pH



Registrar los valores obtenidos en la siguiente tabla

Acido clorhidrico al 0.5 M

Base	MI usados en la neutralización	pH solución final
Leche de magnesia		
Hidróxido de calcio		
Hidróxido de potasio		
Hidróxido de aluminio		

Acido clorhidrico 1M

Base	MI usados en la neutralización	pH solución final
Leche de magnesia		
Hidróxido de calcio		
Hidróxido de potasio		
Hidróxido de aluminio		

Acido clorhidrico 2M

Base	MI usados en la neutralización	pH solución final
Hidróxido de magnesio		
Hidróxido de calcio		
Hidróxido de potasio		
Hidróxido de aluminio		

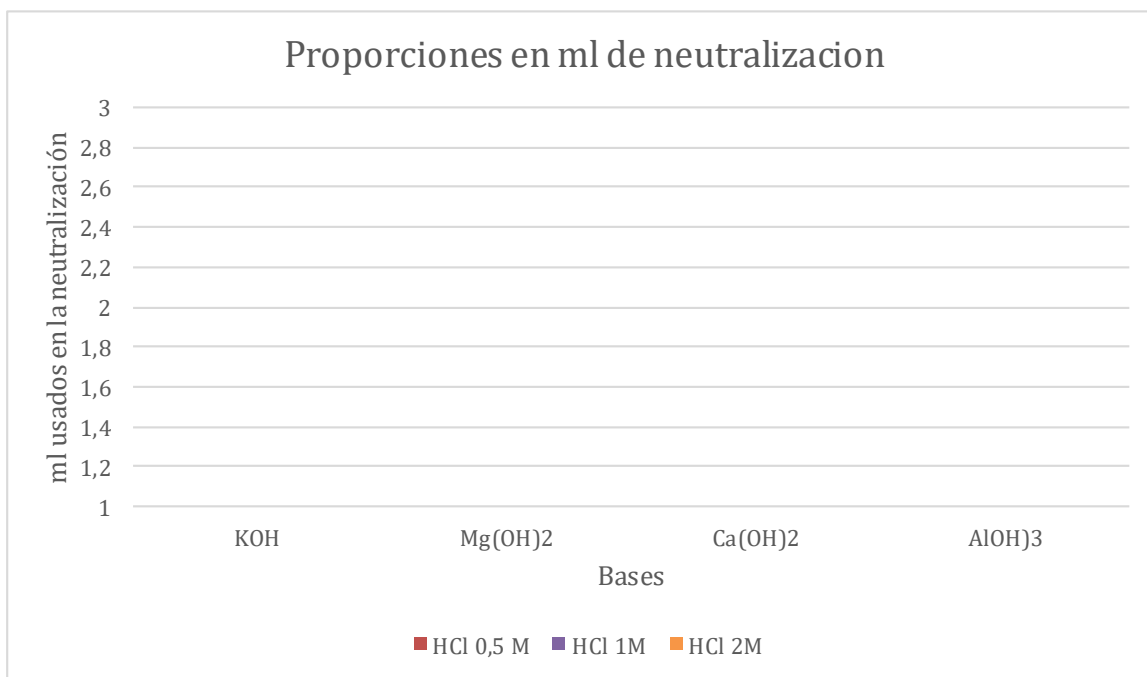


Al finalizar la práctica evapore el producto de la reacción química entre el ácido clorhídrico y el hidróxido de magnesio con el fin de obtener la sal. Plantee las reacciones químicas de la interacción de estas sustancias



Ahora realicemos este procedimiento con las bases, con el fin de evidenciar la fuerza química del ácido para formar la sal y neutralizar las propiedades de estos.

Ten en cuenta la cantidad en mililitros que usaste de cada base para neutralizar la muestra de ácido que se encontraba a diferentes concentraciones molares, para ello registra tus resultados en la siguiente grafica



DISCUSIÓN

- ♣ Describe las cualidades y las características del fenómeno de las reacciones de neutralización a partir de la experimentación. ¿Cómo se pudo evidenciar la formación de la sal a partir de la reacción entre el ácido y la base?
- ♣ A partir del ejercicio experimental realizado, de la lectura planteada *Sobre la proporcionalidad en las reacciones químicas de neutralización*, de las tablas construidas con los resultados experimentales y de la observación; establece ¿cuáles son las relaciones proporcionales necesarias en los procesos de neutralización acido-base?
- ♣ A partir de los datos obtenidos ¿a qué conclusiones llegas con respecto a la idea de proporción?

Tiempo para esta práctica: 2 horas

Actividad 6

Intención disciplinar: Interacción de las sustancias

Interacción de las sustancias

El desarrollo de la química del siglo XVIII supuso una oportunidad para comprobar la validez de la teoría del flogisto al investigar los gases producidos en la combustión. Particulares importancias tuvieron los experimentos de Joseph Priestley quién observó que el mercurio cuando se calienta en el aire forma un calcinado de color rojo ladrillo, hoy lo llamaríamos óxido de mercurio HgO . Priestley calentó este calcinado concentrando sobre él los rayos del sol mediante una lente, la sustancia original producía al calentarse bolas brillantes de mercurio y un gas de propiedades especiales. ¿Qué explicación dio Priestley a su experimento? Desgraciadamente Priestley interpretó sus experimentos de manera errónea usando la teoría del flogisto en la que creía.



Las inconsistencias en la teoría del flogisto y los numerosos descubrimientos basados en la experimentación con gases fueron correctamente explicadas y reunidos en una nueva visión global del fenómeno de la combustión gracias al trabajo de Antoine Laurent Lavoisier. No cabe duda de que el éxito de Lavoisier se debió a sus grandes dotes intelectuales, pero especialmente a su habilidad y rigor experimental basado en la medida precisa de los datos experimentales.

Un experimento típico realizado por Lavoisier consistió en calentar metales (por ejemplo, plomo) en el aire, pero en un recipiente cerrado. Lavoisier observaba que en la superficie del metal se iba formando una capa de calcinado hasta que en un instante dado la formación de dicho calcinado se detenía. Según los defensores de la teoría del flogisto

el proceso de formación del calcinado implicaba que el aire había absorbido del metal la máxima cantidad de flogisto que podía retener. Como se sabía que el calcinado pesaba más que el metal original, Lavoisier pesó el equipo experimental donde había llevado a cabo el calentamiento del metal, observando que el todo recipiente pesaba lo mismo antes y después del calentamiento.

Para Lavoisier resultaba claro que si el metal había ganado peso y el peso total no había cambiado, el aire tendría que haber perdido una cantidad de peso equivalente al ganado por el metal. Así, abrió el recipiente y observó que el aire entraba en él, debido a que la pérdida del aire durante el proceso de calcinación del metal había producido un cierto vacío, una presión inferior frente a la presión atmosférica. Para Lavoisier estaba claro que la calcinación de un metal no consistía en una pérdida de su flogisto sino en la ganancia de una parte del aire en cuyo seno se calentaba. Estas investigaciones le ayudaron no solo a controvertir la teoría del flogisto que estaba en auge en esa época, sino también a establecer la ley que hoy en día rige el comportamiento y la conservación de la masa en una reacción química.

Antoine Laurent de Lavoisier. *Tratado Elemental de Química* Véase especialmente el capítulo III de la obra.

Tiempo para esta actividad: 1 hora

Actividad 7

Intención disciplinar: Interacción de las sustancias

Calcinando metales

Sistema abierto

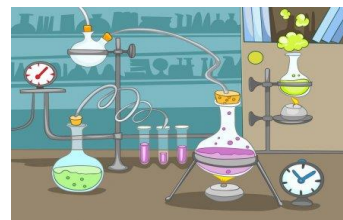
Se pesan los gramos de Cinta de Magnesio entregada. La cual, se pondrá en un crisol de porcelana (pesado previamente) y se calentará hasta ver que no haya más cambios en el Mg. Mientras se enfriaba se repite todo el procedimiento dos veces más. Cuando el crisol este frío, pesar y comparar resultados.

Sistema cerrado

Realizar lo mismo que en el sistema abierto, excepto en vez de usar un crisol de porcelana, usamos una Matraz Erlenmeyer y la tapamos con una bomba con el fin de no dejar escapar el humo producto de la calcinación... Recuerda pesar antes y después de la experimentación.

¿Qué necesitamos?

- ♣ Cinta de magnesio
- ♣ Crisol de porcelana
- ♣ Estufa de calentamiento
- ♣ Matraz Erlenmeyer
- ♣ Bomba



Discusiones

- ✓ ¿Qué explicación daría del fenómeno observado?
- ✓ ¿Cuáles son las características del compuesto resultante? ¿Que se produjo?
- ✓ ¿Hubo alguna variación en la masa del Erlenmeyer con el globo antes y después de la reacción química? ¿Cómo explicarían lo anterior?
- ✓ ¿Cuál fue la importancia de hacer mediciones precisas durante este experimento (antes y después)?
- ✓ ¿Qué relación es posible establecer entre esta actividad y la experiencia de Lavoisier? ¿En qué proporción aumento el peso de la cinta de magnesio y a que se debe esto?
- ✓ Plantea las relaciones estequiométricas del proceso.

Tiempo para esta práctica: 2 horas

Actividad 8

Intención disciplinar: Describir las cualidades y las características del fenómeno de las reacciones de neutralización a partir del reconocimiento de sus productos.

Reconocimiento de sales a través del Método de Mohr

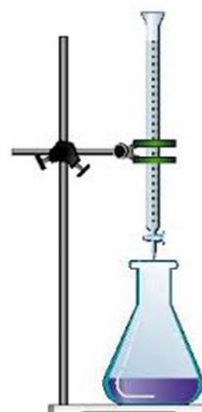
El Método de Mohr, es una de las técnicas volumétricas más antiguas, e involucra la titulación de cloruros y/o bromuros con una solución valorada de nitrato de plata AgNO_3 , empleando como indicador cromato de potasio. El Método consiste en una titulación por precipitación a temperatura ambiente de disoluciones generalmente de cloruros, con disolución estandarizada de nitrato de plata, formando un precipitado blanco poco soluble de cloruro de plata y empleando como indicador una disolución de cromato de potasio al 5 % m/v. En el punto final los iones cromato reaccionan con los iones plata formando un precipitado de color rojo ladrillo, escasamente soluble. La titulación se lleva a cabo dentro de un intervalo de pH determinado, este intervalo varía levemente dependiendo de los diferentes autores de libros. La determinación de cloruros por el Método de Mohr, es un caso típico de una precipitación fraccionada.



Tomado de: Revista Boliviana de Química versión On-line ISSN 0250-5460 Rev. Bol. Quimv.23 n.1 La Paz 2006

Materiales y reactivos

Bureta de 25 ml
Soporte y pinzas para bureta
Matraz de 250 ml
Pipeta
Frasco lavador
pH metro
Muestra de la actividad experimental 5
Solución de Nitrato de plata
Solución de dicromato potásico 5% (indicador)



Procedimiento

1. Medir con la pipeta 10 ml de la muestra salina y se pasan a un matraz Erlenmeyer de 250 ml
2. Se le añade al matraz unos 50 ml de agua destilada con el fin de diluir y observar mejor el viraje
3. A continuación, se agregan de 3 a 4 gotas de nuestro indicador (dicromato de potasio)
4. Medir el pH de la solución, el cual debe estar entre 6-10
5. Se procede a enrazar la bureta con una solución de nitrato de plata 0.1 N
6. Añadir gota a gota la solución de AgNO_3 0.1 N mientras se agita continuamente el Erlenmeyer
7. Observar los cambios de color y suspender la titulación cuando haya cambio de color rojo ladrillo.

Discusión

1. ¿De qué manera se pudo reconocer que la sustancia obtenida en la actividad experimental del día 5 era una sal?
2. ¿Qué coloración da la reacción con la solución indicadora de dicromato de sodio y a que se debe tal coloración?
3. Plantea las reacciones químicas dadas en el proceso de titulación por método de Mohr
4. ¿Cuáles son las propiedades físico química de la sal obtenida?

Tiempo para esta práctica: 2 horas

Actividad 9

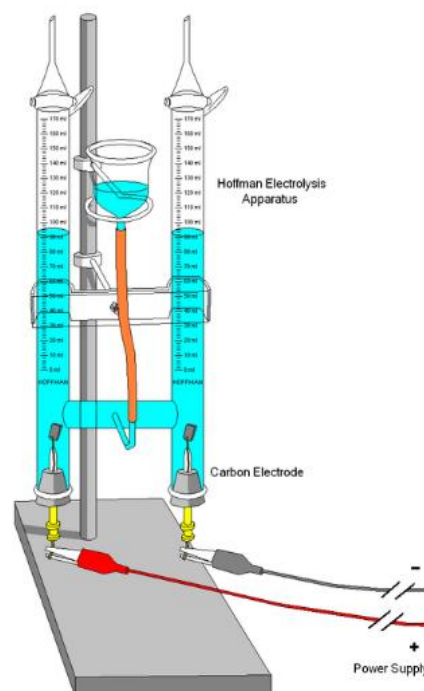
Intención disciplinar: Elaboración de la categoría de equivalencia

Electrólisis del cloruro de magnesio

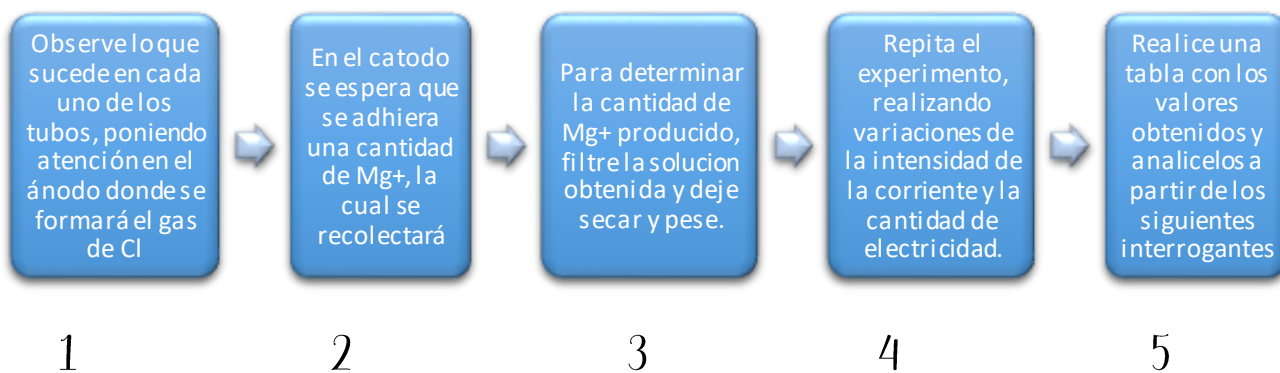
El proceso de la electrólisis, es entendido como un cambio químico al que obedecen las sustancias por acción de la corriente eléctrica y que, permite estudiar y evidenciar las relaciones entre la cantidad de corriente que atraviesa el sistema y la cantidad de sustancia electro-depositada. Es por ello que, al observar este fenómeno, será posible establecer un análisis del comportamiento de las sustancias frente a la acción eléctrica y de esta manera, proponer equivalencias entre los productos y la cantidad de electricidad y, de la misma manera, predecir la cantidad de sustancia que se puede obtener si la cantidad de electricidad cambia.

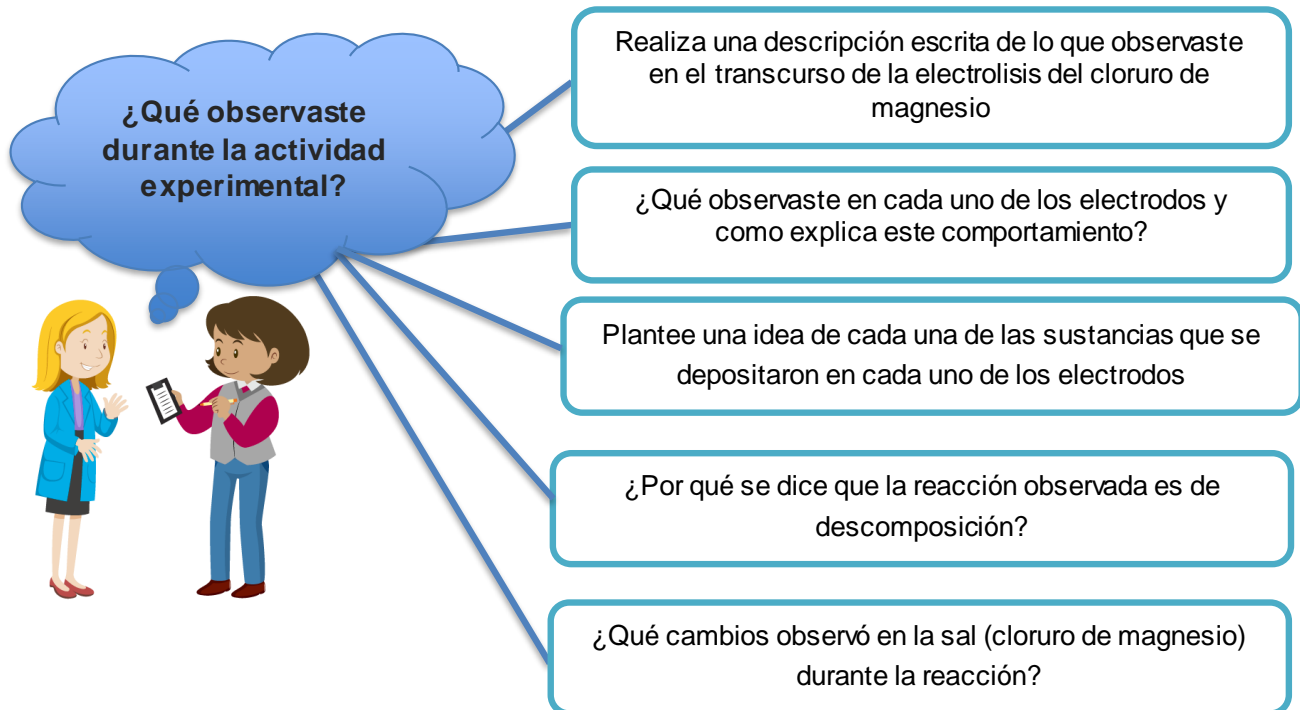
Materiales y reactivos

La descomposición del cloruro de magnesio se realizará en un Voltámetro de Hofmann (como se muestra en la figura), con electrodos de grafito recubiertos de cobre, en presencia de un electrolito, un amperímetro, que permita medir la intensidad de la corriente que circule durante el experimento.



Procedimiento





Análisis de resultados

1. Grafique los resultados obtenidos teniendo en cuenta la sustancia descompuesta vs cantidad de electricidad empleada en cada ejercicio experimental, además, calcule la pendiente, que le indicará la relación entre las dos magnitudes.
2. Realice una comparación de las cantidades obtenidas y la cantidad de electricidad proporcionada a cada sistema y posterior a ello, establezca en un escrito la relación de la proporcionalidad entre las variables mencionadas anteriormente.
3. Teniendo la observación de cada una de las sustancias depositadas en los tubos, argumente que tipo de sustancias son, para ello tengo en cuenta la idea de conservación de la materia. Explique
4. Teniendo en cuenta el punto anterior, plantee la reacción química que soporte el proceso de electrolisis.
5. ¿Qué relación es posible establecer entre el tiempo total de la reacción y la cantidad de sustancia descompuesta?
6. ¿Qué le sucedió a la sal empleada al inicio del proceso, plantee la reacción química que le permita dar cuenta de la transformación de la sustancia? Y explique cómo esta permite dar cuenta de la ley de la conservación de la masa.

7. De qué manera la comparación de los resultados obtenidos en este experimento le permite establecer una relación entre la equivalencia y las proporciones en el fenómeno.

Conclusiones

Plantee con su grupo 3 conclusiones a las que llegaron a partir de la actividad experimental y el análisis realizado.

Plantea una relación de los resultados derivados en esta actividad con las actividades experimentales anteriores.

Tiempo para esta práctica: 2 horas

Actividad 10

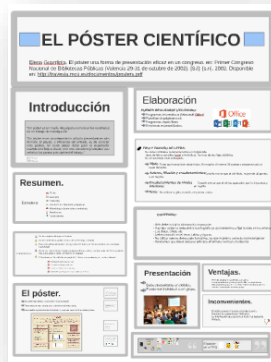
Intención disciplinar: Elaboración de la categoría de equivalencia

Elaboración de la categoría de equivalencia

De acuerdo con las observaciones realizadas durante todo el proceso y las conclusiones a las que llegaste en cada una de las actividades experimentales, elabora un poster de tipo científico en el que se evidencien las explicaciones construidas en torno al fenómeno de la conservación de la masa, la comprensión de la equivalencia en relación al fenómeno observado en las reacciones químicas de neutralización y la electrolisis del cloruro de magnesio.



Este poster deberá tener un tamaño de 90 x 120 cm y seguir la secuencia habitual de contenidos que puedes encontrar en un artículo científico: Introducción, Material y método, Resultados, Discusión explicaciones y conclusiones.



Deberá incluir:

- ♣ Retome las reacciones químicas que planteó en cada una de las actividades experimentales, y a partir de ello, establezca las relaciones cuantitativas observadas en el fenómeno de la electrolisis en términos de la cantidad de sustancia y la cantidad de electricidad.
- ♣ A través de sus explicaciones, argumente como se relaciona la equivalencia con el comportamiento químico de las sustancias en reacciones de neutralización discutiendo de esta manera la importancia de la cuantificación de volúmenes y masas.

Tiempo para esta actividad: 2 horas

ANEXO 2

ENCUESTA PARA VALIDACION DE LA PROPUESTA

Esta encuesta tiene por objetivo conocer su percepción respecto a diversos aspectos vinculados con el planteamiento de la propuesta de aula, en torno a las leyes de la conservación de la masa, como una contribución a la comprensión de la equivalencia y a la formulación de relaciones estequiométricas en reacciones químicas de neutralización.

A continuación, encontrará un conjunto de afirmaciones respecto a las cuales podrá expresar su opinión señalando el grado de acuerdo o desacuerdo con la afirmación, siendo 1 la numeración en desacuerdo y 5 de acuerdo. De indicar una puntuación diferente a 5, por favor indique las razones por las cuales hizo tal selección en el recuadro de observaciones.

Criterios	Descripción	1	2	3	4	5
1	Se evidencia una descripción adecuada de la propuesta de intervención en el aula y tiene relación coherente con la intención de aprendizaje que se requiere alcanzar.					
2	La revisión de los textos científicos realizada aporta a la estructuración de las actividades experimentales propuestas para el trabajo de aula.					
3	Las actividades planteadas en la propuesta están orientadas al planteamiento de problemas y preguntas acordes con los objetivos propuestos para cada etapa.					
4	Las actividades planteadas en la propuesta de aula propenden al trabajo colaborativo de todos los estudiantes y por ende su participación activa.					
5	Las actividades planteadas procuran las comprensiones relacionadas con la conservación de la masa en función del aprendizaje de la estequiometría.					
6	Las actividades planteadas se enfocan en la construcción de la categoría de equivalencia en función del aprendizaje de la estequiometría.					
7	La propuesta de aula es útil como herramienta de enseñanza y aprendizaje de la fenomenología de la conservación de la masa en reacciones químicas de neutralización.					

8	Las actividades experimentales planteadas promueven en los estudiantes el desarrollo de habilidades científicas como la observación, indagación, descripción y análisis.					
9	Los tiempos planteados para el desarrollo de cada actividad son acordes con los contenidos propuestos para cada sesión					

En el siguiente recuadro indique las fortalezas o factores positivos que observó en la propuesta de aula socializada.

FORTALEZAS		
Pedagógico	Disciplinar	Experimental

En el siguiente recuadro indique los aspectos en los que se puede mejorar o trabajar en la propuesta de aula socializada.

ASPECTOS DE MEJORA		
Pedagógico	Disciplinar	Experimental

