


**El análisis histórico crítico como eje en la construcción de fenomenologías:
acerca de la magnitud cantidad de sustancia y mol.**

Juan Alberto Aldana González.

Directora
Sandra Sandoval Osorio
Grupo Estudios Histórico Críticos y
Enseñanza de las Ciencias - EHCEC


Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Departamento de Química
Maestría en Docencia de la Química
Julio de 2019.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 103

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	El análisis histórico crítico como eje en la construcción de fenomenologías: acerca de la magnitud cantidad de sustancia y mol.
Autor(es)	Aldana González, Juan Alberto.
Director	Sandoval Osorio, Sandra
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.2019.103p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	ANÁLISIS HISTÓRICO CRÍTICO, FENOMENOLOGÍA, CANTIDAD DE SUSTANCIA, MOL, EQUIVALENTE QUÍMICO, EQUIVALENTE ELECTROQUÍMICO.

2. Descripción
<p>Este trabajo se desarrolla en el contexto de la maestría de docencia de la química de la Universidad Pedagógica Nacional y se encuentra inscrito en la línea de investigación Grupo de Estudios Histórico Críticos y Enseñanza de las Ciencias EHCEC. El documento contempla la construcción de la relación fenomenológica entre equivalente químico y equivalente eléctrico, para la conceptualización de la magnitud cantidad de sustancia a través de la actividad experimental. La construcción de la fenomenología se realiza a partir de un análisis histórico crítico de algunas fuentes primarias que abarcan desde los postulados filosóficos de la teoría de los cuatro elementos, hasta las investigaciones experimentales en electricidad de Michael Faraday. Así mismo la investigación evidencia la importancia de la actividad experimental en el desarrollo conceptual de la química y la sitúa como eje para la conceptualización de la magnitud cantidad de sustancia.</p>

3. Fuentes
<p>Andrade Gamboa, J. J., Corso, H. L., & Gennari, F. C. (2006). Sebusca una magnitud para la unidad mol. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>, 229 - 236.</p>
<p>Avogadro, A. (1811). D'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps , et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons. En <i>Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts</i>, volume 73 (Vol. 73, págs. 58-76).</p>
<p>Balocchi, E., Modak, B., Martínez, M., Padilla, K., Reyes C, F., & Garritz, A. (Enero de 2006). Aprendizaje cooperativo del concepto "cantidad de sustancia" con base en la teoría atómica de DALton y la reacción química. <i>Educación química</i>(17), 10-28.</p>
<p>Bascuñan Blaset, A. (1999). Bases históricas de materia, masa y leyes ponderables. <i>Journal of the mexican chemical society</i> , 172-182.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 103

Brock, W. (1998). *Historia de la química*. Madrid: Alianza Editorial S.A.

Dalton, J. (1805). *On the absorption of gases by water and other liquids*. Manchester: Russell, Deansgate.

Dalton, J. (1808). *A new system of chemical philosophy*. London: Russell, Deansgate.

De Jong, O. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. *Enseñanza de las ciencias*, 16(2), 305-314.

Faraday, M. (1834). Experimental researches in electricity. Seventh Series. En *Philosophical transactions of the royal society of london* (Vol. 124, págs. 77-122).

Faraday, M. (1834). Experimental researches in electricity. Seventh Series. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 124, 77-122.

Ferreirós, J., & Ordóñez, J. (diciembre de 2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.

Furió, C., & Padilla, K. (2003). La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su significado actual: el caso de la "cantidad de sustancia" y el "mol". *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (17), 55-74.

Furió, C., Azcona, R., & Guisasola, J. (2002). Revisión de investigaciones sobre la enseñanza aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las ciencias*, 20, (2), 229 - 242.

Furió, C., Azcona, R., & Guisasola, J. (2006). Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelos de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias*, 43-58.


Gay-Lussac, J.-L. (1802). Sur la dilatation des gaz et des vapeurs, lues à l'Institut national, le 11 pluviôse an 10. En C. J. Boffe (Ed.), *Annales de chimie, ou, Recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent: Volumes 43 à 44*.

Gay-Lussac, J.-L. (1809). Sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres. En J. Bernard (Ed.), *Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil: Volume 2* (Vol. 2). Paris.

Hudson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12, (3), 299-313.

Joachim, H. H. (1922). *On Generation and Corruption Aristotle*. Recuperado el 7 de mayo de 2019, de <https://ebooks.adelaide.edu.au/a/aristotle/corruption/complete.html>

Lavoisier, A. (1789). *Traité élémentaire de chimie: présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*. (C. Cuchet, Ed.) Paris: Chez Cuchet.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 103

López González, R. (2009). Paracelso: una de las raíces de la química. *Visión electrónica*(3), 104-111.

Malagón Sanchez, J. F., Ayala Manrique, M., & Sandoval Osorio, S. (2011). *El experimento en el aula comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá.

Malagón, J., Ayala, M., & Sandoval, S. (2011). *El experimento en el aula comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá: Javegraf.

Marquardt, R., Meija, J., Mester, Z., Towns, M., Weir, R., Davis, R., & Stohner, J. (1 de enero de 2018). Definition of the mole (IUPAC Recommendation 2017). (H. Burrows, & J. Stohner, Edits.) *Pure and Applied Chemistry The Scientific Journal of IUPAC*, 90, 175. Obtenido de <https://www.degruyter.com/view/j/pac.2018.90.issue-1/pac-2017-0106/pac-2017-0106.xml>

Marquardt, R., Meija, J., Mester, Z., Towns, M., Weir, R., Davis, R., & Stohner, J. (13 de junio de 2017). A critical review of the proposed definitions of fundamental chemical quantities and their impact on chemical communities (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry The Scientific Journal of IUPAC*, 951.

Mora, W., & Parga, D. (2005). De las investigaciones en preconcepciones sobre mol y cantidad de sustancia, hacia el diseño curricular en química. *Revista educación y pedagogía*, vol 17(No 43), 165-175.

Ross, W. D. (1908). *Metaphysics Aristotle*. Recuperado el 8 de Mayo de 2019, de <https://ebooks.adelaide.edu.au/a/aristotle/metaphysics/complete.html#book1>

Sandoval Osorio, S., Ayala Manrique, M. M., Malagón Sanchez, J. F., & Tarazona Vargas, L. (18 de octubre de 2006). Ponencia presentada al III Congreso Nacional de Enseñanza de la Física. *El experimento en enseñanza de las ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia*.


Sandoval Osorio, S., Malagón Sánchez, J. F., & Ayala Manrique, M. M. (2011). El papel de la actividad experimental en la ordenación de cualidades y construcción de fenomenologías. *Revista Científica, Extra*, 155-161.

Sandoval, S., Ayala, M., Malagón, J., & Tarazona, L. (18 de octubre de 2006). Ponencia presentada al III Congreso Nacional de Enseñanza de la Física. *El experimento en enseñanza de las ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia*.

van Helmont, J. (1707). *Johannis Baptistae van Helmont Opera omnia Volumen 1*. (Paulli, Ed.)

4. Contenidos

El documento consta estructuralmente de la justificación del proyecto de investigación seguido por cinco capítulos; En el primero se delimita y formula en problema. En el segundo se plantean las implicaciones

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 103	

metodológicas en cuanto al análisis de referentes históricos, la construcción de la categoría equivalencia, el diseño y aplicación de la propuesta experimental, socialización de explicaciones alternativas y conclusiones. En el tercer capítulo se describe el estudio o análisis de los referentes históricos que recogen algunas perspectivas asociadas a cantidad de sustancia; este capítulo está dividido en cuatro categorías: la antigüedad, cambio de paradigma, equivalente químico y equivalente electroquímico. En el cuarto capítulo se presenta el diseño e implementación de la propuesta experimental dividida en cuatro fases: exploración de experiencias con gases, exploración de experiencias con electricidad, relaciones reacción química y cantidad de electricidad y relación entre equivalencia química y equivalencia eléctrica.

Finalmente, el quinto capítulo expone las conclusiones desde dos puntos de vista: el análisis histórico y el análisis experimental.


5. Metodología

La investigación plantea el análisis histórico crítico de fuentes primarias como eje central de la propuesta experimental. Los autores seleccionados tuvieron incidencia en el desarrollo de las medidas de cantidad de sustancia, partiendo con el análisis de las posturas del atomismo de Demócrito y Leucipo realizadas por Aristóteles. A continuación, se analiza la publicación de van Helmont *Johannis Baptistae van Helmont Opera omnia*, en donde se prioriza el uso de mediciones de cantidad de materia para dar explicaciones acerca de la composición de la materia. También se analiza el aporte a la conceptualización de cantidad de sustancia de Antoine Lavoisier a los principios de la química moderna y el aporte de John Dalton desde sus experiencias con gases y su teoría atómica. Sin embargo, es desde los análisis de las publicaciones de Gay-Lussac, Amadeo Avogadro y Michael Faraday donde se estructura la actividad experimental propuesta. Para la construcción de la fenomenología de equivalencia y su relación con cantidad de sustancia, el estudio de las propuestas experimentales de Gay-Lussac y Avogadro son fundamentales para comprender los equivalentes químicos; por otra parte, los estudios de electricidad de Faraday permiten entender los equivalentes electroquímicos y relacionarlos con los equivalentes químicos.

En cuanto a la actividad experimental, se realizó en cuatro fases. En las primeras dos fases predominan aspectos cualitativos, mientras en las dos etapas finales predominan las actividades de tipo cuantitativo.

La primera fase enfatiza en familiarizar a los estudiantes con actividades experimentales que permitan reconocer el comportamiento de los gases en sistemas cerrados, para lo cual se proponen actividades caseras. La segunda fase busca que el estudiante relacione los fenómenos de conducción eléctrica con los cambios químicos, para ello se proponen actividades de laboratorio en donde a partir de la observación se elaboran explicaciones. En la tercera fase se abordan las relaciones cantidad de electricidad entre y reacción química, en torno al volumen de gas producido en una electrólisis. La cuarta y última fase pretende distinguir las cualidades que permiten establecer la equivalencia entre cantidad de sustancia depositada en un electrodo y la cantidad de electricidad. Así mismo se compara la equivalencia entre la cantidad de sustancia en volumen de un gas con la cantidad de electricidad utilizada para su descomposición.

6. Conclusiones

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 103

Análisis históricos

El análisis histórico de las fuentes primarias contiene una riqueza en cuanto a la posibilidad de ampliar la experiencia de un fenómeno y desentrañar los principios de los conceptos más relevantes para las ciencias en general y la química en particular. Un análisis Histórico critico evita caer en la anécdota, propia de los recuentos históricos y permite una recontextualización de la actividad experimental propuesta por los autores, no se pretende hacer una lectura anacrónica y replicar exactamente las experiencias originales, se trata de entenderla y decodificar aquellos principios que, debido a la transcripción y traducción de textos llega invisibilizada a las aulas en general, sean ellas de educación básica, media o superior.


Las discusiones, análisis y criticas propias de la actividad científica, ponen de manifiesto la trascendencia de muchas de las bases conceptuales que se dan como ciertas o se normalizan en la actualidad, algunas de estas perspectivas predominan por encima de otras, sin tener necesariamente un rigor científico. Pues las formas discursivas también predominan e impactan la formalización de la química. En particular el concepto cantidad de sustancia y mol han surgido paralelamente a través de la historia química, a tal punto que su conceptualización causa dificultad. El realizar un análisis histórico desde las ideas filosóficas de composición de la materia en la antigüedad e indagar en visiones continuismo de la materia, permite encontrar un hilo conductor que evidencie los principios de posibilitaron cambios paradigmáticos, uno de ellos van Helmont, quien, con una paciencia desbordable realiza el seguimiento del crecimiento un árbol de sauce por cinco años utilizando las medidas de peso como principio rector de sus análisis y conclusiones, que aunque erradas en la actualidad, constituyen uno de los primeros experimentos que miden cantidad de sustancia de un material, en este caso el árbol de sauce.

La construcción de fenomenologías permite fortalecer la relación del profesor con el conocimiento, y a partir de esta relación se fortalece la actividad experimental. Es este recorrido lo que permitió integrar en esta investigación la concepción de equivalencia que ha sido abandonada en las explicaciones de discretización de la materia, pero que son tan recurrentes en las prácticas de aula. Y sin embargo es la estructura fundamental de la actividad de laboratorio, ante la imposibilidad real de cuantificar corpúsculos en los laboratorios en general. Un método de enseñanza tradicional usualmente aborda las medidas de cantidad de sustancia como un factor de conversión entre el peso atómico, el número atómico y mol, establecidos como un principio sin sustento experimental.

Finalmente se considera que el análisis de todas las fuentes primarias es relevante para la formular de la propuesta experimental del proyecto, que fue pensada para acercar al estudiante a la comprensión y uso de la magnitud cantidad de sustancia. La propuesta experimental busca explorar la curiosidad innata del estudiante a partir de la observación de fenómenos hasta finalmente llevarlo comprender el uso de un patrón de medida para medir una cantidad de sustancia, evitando el uso de una conversión matemática

Análisis Experimental

La actividad experimental enriquece la actividad educativa, especialmente las relacionadas con ciencias como la química, pues dependen de la toma de datos y registro de regularidad para analizar los fenómenos. La medida tiene un lugar preponderante, para el registro de sucesos o fenómenos, allí el uso patrones es fundamental para medir las propiedades de la materia. En la química sin embargo se ha utilizado mol como unidad patrón para medir la cantidad de sustancia y aunque este patrón está fundamentado desde un principio físico, como lo es el número de Avogadro, es imposible utilizar mol para medir directamente una cantidad de sustancia, por tanto, se debe utiliza una conversión matemática que relaciona el peso atómico reportado de los elementos químicos, para simplifica el proceso. Tanto la dificultad de contar corpúsculos como la simplificación mencionada, ha convertido el medir cantidades de

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de la Calidad</small>	FORMATO		
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE		
Código: FOR020GIB	Versión: 01		
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 103		

sustancia un aspecto fácil de realizar, pero difícil de conceptualizar.

El análisis experimental de las fuentes primarias toma relevancia en este contexto, tanto para buscar los orígenes de la medida como para reconocer los métodos que se han utilizado para realizar estas mediciones. Al realizar un análisis de los experimentos se dimensiona la importancia que ha tenido este concepto a nivel histórico y los dos paradigmas por los que ha pasado y han dejado huella en la actividad de científica, en la enseñanza y en las prácticas experimentales. Para el caso de esta investigación, el estudio de todas las fuentes primarias aportó en la propuesta experimental, pero se hizo énfasis en tres aportes fundamentales, Gay-Lussac (1809), Avogadro (1811) y Michael Faraday (1834).

Durante el análisis histórico de los experimentos, resaltó especialmente los aplicados por Michael Faraday, en cuanto a las investigaciones experimentales con electricidad. En ellas predomina una descripción de los instrumentos que utiliza, algunos de ellos los diseña para suplir una necesidad o para corregir un aspecto. Estas descripciones hicieron reflexionar la actividad experimental y se utilizó este recurso en la propuesta experimental. En la actividad experimental, el análisis a los instrumentos que se utilizan es fundamental, pues ellos están cargados de toda una significación e intencionalidad que esta unidad a la experiencia y que una vez interpretada enriquece las concepciones del fenómeno, amplía la experiencia y fortalece las explicaciones.

La actividad experimental como espacio para la construcción de explicaciones, aporta al desarrollo de habilidades científicas como la observación y el análisis, aspectos que se potencian en la propuesta experimental, en tanto que es la experiencia misma la que permite a partir de la observación construir categorías de análisis que posteriormente conllevan al experimentados a tomar decisiones desde sus propios análisis.

El desarrollo de la categoría de equivalencia permite aproximarse hacia la comprensión de un sistema de medida que permite medir la cantidad de sustancia en una reacción química con un patrón de medida. Por ende, facilita la conceptualización de la cantidad de sustancia.

La investigación favoreció la conceptualización de la magnitud cantidad de sustancia desde la construcción de fenomenologías orientadas a partir del análisis histórico crítico de fuentes primarias. Así mismo la implementación de las actividades experimentales contribuyó a la construcción de explicaciones alternativas que desarrollaron nuevas formas de hablar acerca de los fenómenos estudiados y de la magnitud cantidad de sustancia.

En cuanto a la magnitud cantidad de sustancia se deja abierta la posibilidad de profundizar en este campo de estudio, dado que la presente investigación logró algunos aportes en la construcción de fenomenologías y la conceptualización de la magnitud cantidad de sustancia desde una perspectiva equivalentista. Se puede profundizar en la construcción de la unidad mol utilizando aspectos cuantitativos que no fueron tenidos en cuenta en la investigación como el uso de la constante de Faraday para calcular la cantidad de partículas. Así mismo se pueden indagar otras opciones cambiando la perspectiva histórica a posturas atomistas.

Elaborado por:	Aldana González, Juan Alberto
Revisado por:	Sandoval Osorio, Sandra

Fecha de elaboración del Resumen:	18	09	2019
--	----	----	------

Tabla de Contenidos

Justificación	1
Marco de referencia.	4
El experimento en el aula.....	4
Magnitud cantidad de sustancia.....	9
En cuanto a la enseñanza del concepto cantidad de sustancia y mol	12
Formulación del problema.	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.	14
Implicaciones Metodológicas	15
Análisis de referentes históricos a partir de fuentes primarias.	16
Construcción de la categoría equivalencia.....	19
Diseño y aplicación de la propuesta experimental.....	20
Socialización de explicaciones alternativas y construcción de fenomenologías.	21
Conclusiones.....	22
Estudio o Análisis de referentes históricos.	23
La Antigüedad.....	23
La Alquimia.	23
Iatroquímica.....	26

Jan Baptist van Helmont	26
Cambio de paradigma	27
Robert Boyle	27
Antoine Lavoisier.....	28
John Dalton	30
Equivalente químico	33
Joseph Louis Gay-Lussac	33
Amadeo Avogadro.....	34
Equivalente Electroquímico.....	35
Michael Faraday.....	35
Las mediciones de Jan Baptist van Helmont	39
Diseño e Implementación	42
Preámbulo	45
Fase I: Exploración de experiencias con gases	46
Fase II: Exploración de experiencias con electricidad.....	47
Fase III: Relaciones reacción química y cantidad de electricidad	48
Fase IV Relación entre equivalencia química y equivalencia eléctrica.....	49
Socialización de la actividad experimental	52
Preámbulo	52

Definición de magnitud.....	53
Definición de unidad de medida.	56
Definición de cantidad de sustancia.....	57
Fase I.....	61
Elaboración de videos	61
Propuesta de montaje para captura de CO ₂	62
Fase II.....	63
Fase III	65
Fase IV	67
Electrodeposición:.....	67
Equivalente químico y equivalente eléctrico.	68
CONCLUSIONES Y DISPOSICIONES FINALES	71
Análisis históricos.....	71
Análisis Experimental.....	72
Referencias.....	75
Anexos	80

Lista de tablas

Tabla 1 Fundamentación para los trabajos de los estudiantes en el laboratorio en términos de un conjunto de objetivos, Lazarowitz y Tamir (1994).....	6
Tabla 2. Aportes del análisis histórico al desarrollo de la fenomenología.	41
Tabla 3. Fases experimentales.	45
Tabla 4. Tabla de relaciones equivalentes	51
Tabla 5. Categorías de la socialización de la lectura del experimento de Van Helmont.	53
Tabla 6. Algunas definiciones realizadas por los estudiantes acerca de unidades de medida	57
Tabla 7. Montaje para captura de CO ₂	62
Tabla 8. Evidencias fase II.....	63
Tabla 9. Descripciones de cualidades de los electrodos en la fase II.	64
Tabla 10. Datos registrados en la fase III.	65
Tabla 11. Equivalencia propuesta por los estudiantes.	69

Lista de figuras

Ilustración 1. La ecuación resumen esencial de las leyes de Gay-Lussac y von Humboldt.	10
Ilustración 2. Diagrama de la metodología propuesta.	15
Ilustración 3. Relaciones de cantidad de sustancia	16
Ilustración 4. Relaciones e implicaciones de asumir el proceder fenomenológico. (Rincón Reyes & Rodríguez Rodríguez, 2014).....	21
Ilustración 5, Figura 11 plancha VII de <i>Traité élémentaire de chimie</i> (1789).....	29
Ilustración 6 Vol.1-Plate.1. On the absorption of gases by water and other liquids.....	31
Ilustración 7 Tabla de pesos relativos. On the absorption of gases by water and other liquids ...	31
Ilustración 8 Tabla de equivalentes propuestas por Faraday ((1834, pág. 114)	37
Ilustración 9 Tabla de equivalentes propuestos por Faraday (1834, pág. 115).....	37
Ilustración 10. Texto de introducción de historia de la química (William H Brock)	52
Ilustración 11. Definiciones de magnitud por parte de algunos estudiantes.	54
Ilustración 12. Definiciones de magnitud relacionadas con vectores.	54
Ilustración 13. Definiciones de magnitud relacionadas con masa y peso.	55
Ilustración 14. Definiciones de magnitud difusas.	55
Ilustración 15. Definiciones de cantidad de sustancia, categoría cantidad molar.	58
Ilustración 16. Definiciones de cantidad de sustancia, categoría relaciones con densidad.	58
Ilustración 17. Definiciones de cantidad de sustancia, categoría relaciones con masa.	59

Ilustración 18. Definiciones de cantidad de sustancia, categoría relaciones con volumen.	59
Ilustración 19. Definiciones de cantidad de sustancia, difusas.	60
Ilustración 20. Montaje de electrodeposición.	67
Ilustración 21. Datos de la electrodeposición	67
Ilustración 22. Montaje de equivalente químico y equivalente eléctrico.	69

Justificación

Numerosas investigaciones se han enfocado en explorar las perspectivas que se tienen del experimento en la enseñanza de las ciencias. Algunas de estas investigaciones evidencian un distanciamiento importante entre la teoría y el experimento. El experimento ligado a un conjunto de pasos a seguir como una receta cuyo fin es el de corroborar la teoría, restringe al estudiante a una sola forma de comprender un fenómeno, no permite ampliar la experiencia y por consiguiente lo limita a la memorización del resultado preestablecido en la práctica experimental.

Se puede deducir entonces una ruptura importante entre el aprendizaje de conceptos y la construcción de explicaciones. Por un lado, los conceptos se suelen presentar en las clases tradicionales a través de definiciones¹, lo que sesga el desarrollo de competencias como el uso comprensivo del conocimiento científico, la explicación de fenómenos y la indagación; todas ellas competencias que están alineadas con los estándares básicos de competencias en ciencias naturales del MEN. Por otro lado, la base experimental realizada en la construcción del concepto se omite dejando de lado la riqueza que ésta puede dar tanto en la elaboración de explicaciones alternativas como en la construcción misma del concepto.

En los cursos iniciales de química existe una dificultad en cuanto al aprender y usar la terminología de esta ciencia para explicar y dar elementos de comprensión de los fenómenos. Estos fenómenos muchas veces cotidianos, son explicados a través de teorías y leyes que fueron desarrolladas en un momento histórico en particular y con unos instrumentos acordes a su época; esto sin mencionar que la terminología evoluciona

¹Entendidas como oraciones que presentan de forma inequívoca las características generales que delimitan un fenómeno.

entorno a estas explicaciones y lo que en un momento fue descrito de una forma en particular, en la actualidad pueden ser abordado de forma diferente.

Las dificultades documentadas para el uso comprensivo de conceptos no solo abarcan el ámbito del aprendizaje, sino también el de la enseñanza. Para el caso particular de los conceptos cantidad de sustancia y mol, se han realizado diferentes investigaciones.

Dierks (...) apunta, como principales dificultades de aprendizaje, el carácter abstracto de la expresión cantidad de sustancia y la atribución de diversos significados a la palabra mol. El autor explica que en la amplia revisión bibliográfica realizada ha encontrado que al mol se le atribuye, entre otros, el significado de unidad individual de masa, de porción de sustancia y de número de partículas (número de Avogadro). Así mismo, el trabajo pone un énfasis especial en la necesidad de clarificar el significado de la magnitud «cantidad de sustancia» de la cual deriva el mol como unidad (Furió, Azcona, & Guisasola, 2002, pág. 230).

La enseñanza y aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol han evidenciado en las últimas décadas dificultades al momento de ser plantearlos en el aula, estas dificultades han sido ampliamente estudiadas en numerosas investigaciones, a tal punto que pueden ser considerados unos de los conceptos más importantes y complejos de abordar en los cursos iniciales de química, dado que son fundamentales para la comprensión y resolución de problemas estequiométricos (Kolb, 1978 citado en Furió, Azcona, & Guisasola, 2006).

En varias de las investigaciones recopiladas, se hace un amplio análisis de las causas que conllevan a los estudiantes a presentar confusiones entre los conceptos cantidad de sustancia y mol. Al respecto Furió et al (2006) menciona tres conclusiones diferentes fruto de varios estudios realizados en distintos momentos. La primera conclusión proviene del trabajo realizado por Gabel y Bunce en 1994 en donde concluyen que los estudiantes carecen de una conceptualización clara del concepto mol. La segunda conclusión proviene de los estudios de Furió et al. en 1993; Krishnan y Howe en 1994 y

Staver y Lumpe en 1995, quienes mencionan que los estudiantes identifican el mol con la masa, el volumen o el número de entidades químicas. La tercera conclusión proviene de los trabajos de Schmidt y Strömdahl et al., ambos publicados en el año 1994; ellos plantean el desconocimiento de la magnitud cantidad de sustancia y por ello ni utilizan la magnitud, ni la relacionan con la unidad mol.

Es importante recalcar que en particular el concepto mol ha sido definido desde dos perspectivas diferentes, lo que puede implicar, en parte, una dificultad a la hora tanto de enseñarlo, como de aprenderlo. La perspectiva de la cual surgió el concepto mol fue la equivalentista y se le atribuye al químico-físico alemán Wilhelm Ostwald (Azcona 1997, citado por Mora & Parga (2005)) (Mora & Parga, 2005). La otra perspectiva fue introducida posteriormente utilizando al mol como unidad de una nueva magnitud cantidad de sustancia. (Furió & Padilla, 2005)

Entonces uno de los conceptos claves en los cursos iniciales de química es el de mol, el cual en la actualidad es generalmente abordado desde la perspectiva fisicalista, ignorando la perspectiva equivalentista de la cual surge el concepto mol. Para el efecto de este trabajo se llamará la perspectiva equivalentista a los aportes provenientes de los estudios experimentales que permitieron desarrollar el equivalente químico; mientras se llamará perspectiva fisicalista a la serie de reduccionismos que lleven a definir al mol como la agrupación cuya cantidad es igual al número de Avogadro.

Parece entonces pertinente realizar un análisis histórico crítico desde una mirada equivalentista que permita dar claridad del origen del concepto mol y que a la vez permita comprender la evolución del concepto hasta ser permeado por el atomismo en donde posiciona como la unidad de la magnitud cantidad de sustancia y se define como “la cantidad de sustancia que contiene el mismo número de entidades elementales (átomos, iones, o moléculas) como átomos hay en 12 gramos de ^{12}C ” (Guggenheim, 1961 citado por Furió & Padilla (2005)).

Marco de referencia.

El experimento en el aula.

El experimento ha sido vinculado estrechamente a la enseñanza de las ciencias, en particular para desarrollar habilidades científicas y para prestar el método científico. No son pocas las publicaciones que han planteado algunas debilidades a la hora de implementar el experimento en las clases de ciencias. Hudson (1994), clasificó en cinco categorías generales los objetivos de los docentes a la hora de implementar las prácticas de laboratorio: para motivar, para enseñar técnicas de laboratorio, para propiciar ideas del método científico y para desarrollar actitudes científicas. Sin embargo, concluye de igual forma que no corresponden los objetivos planteados a los resultados obtenidos, encontrando una disparidad. El autor concluye que es importante una reestructuración en las prácticas de laboratorio, en donde el rol del estudiante sea activo y que sea él mismo el que construya significados de su aprendizaje.

Al parecer existe la tendencia de que por el hecho de que la química es considerada una de las ciencias experimentales, la actividad experimental debe estar como método en su enseñanza; pero no se profundiza en este método. Según Hodson (1994) el trabajo práctico es utilizado de manera irreflexiva en los diseños de planes de estudio y por los profesores, lo que lleva a que sea sobre utilizado o infrautilizado.

La actividad experimental como se ha mencionado por herencia debe estar inmersa en la enseñanza de las ciencias experimentales, lo que quiere decir que su presencia debe ser obligatoria y no discutible; en otras palabras, si se enseña ciencias se deben realizar experiencias de laboratorio. Allí surgen las primeras dificultades, por un lado, persiste una falta de articulación de estas prácticas experimentales con los programas de estudio desarrollados en el aula, de tal forma que termina siendo un “relleno” que puede aportar a los desarrollos teóricos. De igual forma es posible que la actividad experimental en el aula haya sido remplazada por una actividad discursiva en donde se cuenta el experimento a manera de anécdota, describiendo algunas de las

cualidades que el profesor considera relevantes, pero que no admiten discusión o análisis adicionales, pues se limita y utiliza como una fuente para verificar hipótesis o teorías.

Al respecto Ferreirós y Ordóñez (2002) desarrollan un planteamiento filosófico de la experimentación en donde utilizan el término tradición teoreticista para referirse a la tendencia actual de preponderar a la teoría por encima del experimento.

En las imágenes proyectadas por la filosofía de la ciencia popperiana y pospopperiana, el experimento ha quedado cautivo de la teoría: la teoría es lo primero y primordial, lo que antecede y acompaña al experimento, y por supuesto lo que resulta de él. (Ferreirós & Ordóñez, 2002, pág. 48)

De la misma manera establecen la necesidad de que en la actividad científica se encuentren a la misma altura y con el mismo tipo de autonomía las fases experimentales y las fases teóricas. Este razonamiento podría trasladarse al aula, en tanto que la actividad experimental retome un lugar privilegiado en las clases de química en igual condiciones que en desarrollo de las actividades teóricas.

El fortalecimiento de la física teórica como subdisciplina de la física, fue uno de los detonantes para que el teoreticismo aflorara. Desde esta vertiente se buscaba reestructurar los principios que definían los fenómenos reformulando las ecuaciones matemáticas que los predecían sin acudir a la actividad experimental. De tal manera que las conclusiones experimentales podían ser simplificadas a tal punto que podían ser obviadas dentro de las explicaciones para mantenerse como principios teóricos. (Ferreirós y Ordóñez, 2002).

Al respecto hay mencionar que esta tradición teoreticista no solo es propia de los físicos teóricos, sino que se ha permeado al campo de la enseñanza de las ciencias, en donde se ha hecho espacio en las prácticas pedagógicas. Es así como es normal encontrar que la enseñanza de las ciencias, en particular la enseñanza de la química se presenta únicamente sobre criterios teóricos, las definiciones se sobreponen a la experiencia, subordinando esta última a un reduccionismo o en el peor de los casos a una anécdota de la cual se sirve para formalizar la teoría.

Por otro lado, múltiples investigaciones han salido al rescate de la experiencia como eje estructural de la enseñanza de las ciencias. Si bien es cierto que el desarrollo teórico ha permitido un avance en las explicaciones de los fenómenos y una posibilidad para poder predecirlos a través de simuladores, por ejemplo. El experimento también cobra vital importancia en la enseñanza de las ciencias, dada su naturaleza empírica. Lazarowitz y Tamir (1994), citados por De Jong (1998, pág. 306), publican una tabla donde resumen la fundamentación representativa para los trabajos de los estudiantes de laboratorio.

1. Facilitar la comprensión de los conceptos científicos y ayudar a los estudiantes a confrontar sus concepciones actuales.
2. Fomentar el desarrollo de habilidades cognitivas, tales como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la toma de decisiones.
3. Desarrollar las habilidades prácticas, tales como las destrezas manipulativas e investigadoras.
4. Fomentar la comprensión de la naturaleza de la ciencia, por ejemplo, la empresa científica, y la gran diversidad de métodos científicos.
5. Fomentar la comprensión de los conceptos subyacentes a la investigación científica, tales como la definición de un problema científico y una hipótesis.
6. Desarrollar actitudes científicas, tales como la objetividad y la curiosidad, en la ciencia.
7. Suscitar el placer y el interés, también en el estudio de las ciencias.

Tabla 1 Fundamentación para los trabajos de los estudiantes en el laboratorio en términos de un conjunto de objetivos, Lazarowitz y Tamir (1994).

Desde la perspectiva de De Jong (1998), una de las principales dificultades en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias tiene base desde una perspectiva transmisiva que le subyace al desarrollo de conocimiento científico, obligando al

profesorado a ser simples intérpretes de los contenidos publicados en los libros de texto y manuales de laboratorio. De tal manera que en las prácticas de laboratorio se plantean experimentos-receta, que no contribuyen al desarrollo de competencias científicas y por ende muchos de los experimentos son utilizados para confirmar la información teórica que se encuentra en el texto guía.

Por otro lado, Sandoval, S., Ayala, M, Malagón, J. y Tarazona, L. (2006), mencionan tres roles vinculados al experimento que deben ser tenidos en cuenta a la hora de implementar una actividad experimental, estos roles 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
- La actividad experimental propicia la construcción o ampliación de una base fenomenológica o de hechos de observación que serían estructurados a partir de una cierta teoría.

La actividad experimental permite ampliar la experiencia que tiene el estudiante con respecto al fenómeno estudiado, por tanto, es un recurso que implica una estructuración sólida, orientada y con sentido. Las prácticas experimentales contribuyen a desarrollar la comprensión de la naturaleza de la ciencia (Hudson, 1994).

El experimento ha sido vinculado estrechamente a la enseñanza de las ciencias, en particular para desarrollar habilidades científicas y para aprestar el método científico. No son pocas las publicaciones que han planteado algunas debilidades a la hora de implementar el experimento en las clases de ciencias.

Sandoval et al (2011). proponen una reflexión que se aproxima al papel que juega la actividad experimental en la ordenación de algunas cualidades, en el establecimiento de escalas de medida e instrumentos de medida, así como en la construcción de lenguajes para hablar de algunas fenomenologías propuestas. En esta publicación se describe el isomorfismo que se establece entre dos relaciones diferentes, por un lado, la relación

entre ciencia y actividad experimental, y por el otro lado la relación entre enseñanza de las ciencias y actividad experimental, pero se concluye que la actividad experimental tiene roles diferentes cuando se trata del ámbito de la enseñanza de las ciencias a cuando se trata de la ciencia.

Al observar la conexión existente entre las relaciones anteriores se ponen en evidencia que estas no son unívocas y que están cargadas de presupuestos epistemológicos que es necesario explicitar. Y concluyen que el experimento juega un papel central en la enseñanza en tres posibilidades: primero en la organización de la experiencia y procesos de formalización como lo son aquellos vinculados a la construcción de magnitudes y formas de medida. Segundo que el experimento permite plantear problemas conceptuales importantes para la enseñanza de las ciencias. Y tercero que la actividad experimental propicia la construcción o ampliación de una base fenomenológica o entramado de hechos de observación que serían estructurados a partir de una cierta “teoría”.

Magnitud cantidad de sustancia.

La magnitud cantidad de sustancia y su unidad el mol, han sido una de las problemáticas abordadas en la literatura que reinciden en la dificultad de su enseñanza. La poca comprensión que se tiene acerca del origen de la magnitud y la inexistencia de un instrumento con un patrón directo que pueda facilitar su medición en términos de su unidad el mol, hacen de esta magnitud difícil de abordar en los planes de estudios y en las prácticas experimentales.

El origen histórico de la magnitud cantidad de sustancia tiene diferencias importantes en cuanto al uso que se hace de ella en la actualidad. Su origen está planteado entre dos visiones opuestas que dividen a la ciencia y que en la actualidad son objeto de debate, el equivalentismo y el atomismo.

Al analizar la evolución histórica del concepto se encuentra que fue posterior a los estudios de estequiometría, pasando por la introducción del concepto de peso equivalente a fines del siglo XVIII hasta finalmente la introducción de la magnitud fundamental ‘cantidad de sustancia’ a mediados del siglo XX (Furió et al 2003).

La relatividad de esta unidad, así como el origen de la magnitud son objeto de debates y desorientaciones por parte de los profesores, pues a menudo es confundida con otras magnitudes como masa o restringida al número de Avogadro. El uso experimental de esta unidad es indirecto y a menudo en las prácticas es obviada o remplazada por la masa.

Furió (2003) plantea que: “conocer en profundidad el significado actual de los conceptos científicos implica conocer la historia de su pasado, es decir, saber sus orígenes y su evolución histórica”. Del mismo modo, invita a realizar rastreos históricos para evitar recaer fácilmente en visiones ahistóricas y acríticas de la Química, las cuales sin lugar a duda llevarían a enseñar ideas erróneas y, por lo tanto, transmisión de conceptos equivocados alejados del uso actual.

Hasta el año 2018 las publicaciones con respecto al tema de la magnitud fundamental de la química definen la cantidad de sustancia según los criterios establecidos por la IUPAC en el año de 1971. Al respecto la IUPAC da dos definiciones en particular:

1. El mol es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos en 0.012 kilogramos de carbono 12; su símbolo es "mol"
2. Cuando se utiliza el mol, las entidades elementales deben especificarse y pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones, otras partículas o grupos específicos de dichas partículas. (Marquardt R. , y otros, 2017)

Marquardt et al (2017), recalcan un error que consideran frecuente como es el uso de cantidad de sustancia y mol como similares, es decir que no se hace ninguna distinción entre los dos conceptos y por tanto se pueden llegar a generar errores de comprensión del concepto y por tanto errores en su uso. De igual forma distinguen dos perspectivas en el uso del concepto cantidad de sustancia. La primera, entender la cantidad de sustancia como un número de entidades proporcionales a la cantidad, asumiendo el factor de proporcionalidad al recíproco del número de Avogadro.

Se sigue de la ecuación de estado que la cantidad de cualquier entidad gaseoso E ideal es el mismo en idénticas condiciones de presión p , el volumen V , y la temperatura termodinámica T . Por lo tanto, la cantidad de sustancia $n(E)$ y, en consecuencia, el número de entidades $N(E)$ son independientes de la naturaleza precisa de la entidad E (Marquardt R. , y otros, 2017).

$$pV = nRT = n(E)kN_A T = N(E)kT$$

Ilustración 1. La ecuación resumen esencial de las leyes de Gay-Lussac y von Humboldt.

La segunda perspectiva en el uso de cantidad de sustancia la explican desde el uso de la estequiometria. Marquardt et al (2017), explican que este uso es de carácter histórico y se presenta desde que en 1792 Richter elaboró el método cuantitativo al que nombró estequiometría (medida de elementos), este método permitió que la materia que interviene en una reacción pueda ser medida en unidades de cantidad de sustancia y no en términos de volumen o masa. Del mismo modo aclara que estos presupuestos estequiométricos pueden ser interpretados de dos formas.

- 1) Para un químico que trabaja en el laboratorio, la ecuación significa que un mol de oxirano (C_2H_4O) se descompone en condiciones apropiadas para formar un mol de metano (CH_4) y un mol de monóxido de carbono (CO).
- 2) En la descomposición electrolítica del agua: 9 g de agua (H_2O) se descompone en 1 g de hidrógeno (H_2) y 8 g de oxígeno (O_2) cuando se ha consumido 96485 coulomb de electricidad durante la electrólisis, por lo tanto, la relación de la masa de hidrógeno, $m(H_2)$, y oxígeno, $m(O_2)$, que se encuentra en este experimento es de 1:8. (Marquardt R., y otros, 2017).

En esta publicación también hacen una claridad con respecto al trabajo experimental. Las mediciones de cantidad de sustancia se hacen a partir de los datos de masa atómica reportados (tabla periódica). Es aquí donde puede comenzar la dificultad de la enseñanza de esta magnitud, pues las mediciones de cantidad de sustancia se realizan a partir de cálculos y no a través de instrumentos.

Trabajando en el laboratorio y haciendo síntesis o electrólisis, sin embargo, no es necesario introducir la cantidad de sustancia como una nueva cantidad; es suficiente conocer las leyes de Avogadro, Dalton y Faraday y la masa molar, como el equivalente de masa apropiado, para cada átomo y molécula. (...). En consecuencia, con el uso de masas atómicas relativas ("pesos atómicos"), los químicos pueden convertir las mediciones de masa en una cantidad que es proporcional al número de entidades (Marquardt R., y otros, 2017).

Un avance estructural en la definición de estos conceptos fue presentado por la IUPAC en el año 2018. El sistema internacional de medidas (SI), realizó el cambio de los patrones de medida de algunas magnitudes fundamentales entre ellas la de cantidad de sustancia. La nueva definición que fue publicada en la Pure and Applied Chemistry The Scientific Journal of IUPAC el primero de enero de 2018, utiliza al número de Avogadro como una constante física universal independiente de la naturaleza de la sustancia.

El mol, símbolo mol, es la unidad SI de cantidad de sustancia. Un mol contiene exactamente $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ entidades elementales. Este número es el valor numérico fijo de la constante de Avogadro, N_A , cuando se expresa en mol^{-1} , y se denomina número de Avogadro.

La cantidad de sustancia, símbolo n , de un sistema es una medida del número de entidades elementales especificadas. Una entidad elemental puede ser un átomo, una molécula, un ion, un electrón, cualquier otra partícula o grupo específico de partículas (Marquardt R. , y otros, 2018).

Así mismo realiza unas orientaciones particulares con respecto a la nueva definición, por un lado, aclara que la palabra sustancia en la magnitud cantidad de sustancia es un marcador de posición que debe remplazarse por el nombre de la sustancia. se habla de la cantidad de agua, $n(\text{H}_2\text{O})$, en lugar de cantidad de sustancia de agua” (Marquardt R. , y otros, 2017, pág. 177). También propone una discusión a futuro en cuanto al uso de cantidad de sustancia, enfatiza en el nombre cantidad química como su otra denominación y considera que como la palabra cantidad de sustancia no es de uso universal su uso no es una buena opción. Sin embargo, para efectos de esta investigación se utiliza cantidad de sustancia debido al gran uso que se la ha dado en innumerables investigaciones de índole educativo.

En cuanto a la enseñanza del concepto cantidad de sustancia y mol

A pesar de que esta magnitud es uno de los pilares del campo del conocimiento de la química, en cuanto a su enseñanza se han evidenciado serias dificultades que han impedido estructurar esta magnitud a los planes de estudio. Son variadas las

investigaciones que se han publicado con respecto al tema y en ellas permanece la dificultad en su enseñanza.

Furió, (2002). realiza una revisión de varias investigaciones que abordan las dificultades sobre la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y su relación con la unidad mol. Durante la revisión logran establecer tres puntos claves que dan luces en la problemática para abordar la enseñanza de la magnitud cantidad de sustancia.

- El concepto de cantidad de sustancia no es introducido en la gran mayoría de los programas de enseñanza habitual de química. Se suele identificar cantidad de sustancia con masa o con cantidad de partículas elementales.
- Los conceptos de cantidad de sustancia y de mol se confunden con conceptos incluidos en la teoría atómica molecular tales como masa molar o constante de Avogadro.
- Existen dificultades de secuenciación de los contenidos al introducir el concepto de mol e inadecuación de las metodologías de enseñanza utilizadas habitualmente.

Mora et al. (2005) publicó un artículo en el que explora las preconcepciones sobre mol y cantidad de sustancia y lo vincula con el diseño curricular en química. En este estado del arte se realiza un diagnóstico sobre los problemas de aprendizaje asociados a la magnitud cantidad de sustancia, justificando la necesidad de incidir en la formación de docentes para diseñar estrategias curriculares acordes con la situación problemática encontrada.

Por otro lado, establece que es necesario investigar sobre el desarrollo curricular como actividad integrada a la formación docente, en la que se aprovechen los resultados de investigación sobre preconcepciones y se proceda a establecer tramas histórico-epistemológicas articuladas a tramas didácticas, para, de esta manera, diseñar y poner en práctica investigativa unidades didácticas en torno a los conceptos mol y cantidad de sustancia.

Formulación del problema.

La actividad experimental ha venido orientándose como una posibilidad para legitimar el discurso teórico del docente en el aula, desperdiciando aspectos inherentes a ella como lo son: la ampliación de la experiencia del fenómeno y la posibilidad de generar conocimiento a partir de la construcción de explicaciones del mismo.

Una de las dificultades más frecuentes al abordar algunas temáticas generales en química es el de la magnitud cantidad de sustancia Mora y Parga (2005). Son numerosas las investigaciones que giran en torno a esta dificultad, Furió, Azcona y Guisasola (2002), evidencian dificultades importantes al abordar esta magnitud, que abarcan desde el desconocimiento del origen histórico, hasta percepciones que proponen una nueva magnitud. Hay un interés fuerte en evidenciar la importancia de la enseñanza de la magnitud cantidad de sustancia, sin embargo, los estudios en la mayoría de los casos se centran únicamente en la unidad mol.

¿Cómo un análisis histórico crítico de las fuentes primarias aporta a la construcción de la base fenomenológica para la implementación de una propuesta experimental fundamentada desde una perspectiva equivalentista que permita la conceptualización de cantidad de sustancia?

Objetivo general.

Construir una fenomenología a partir del análisis histórico crítico de fuentes primarias que favorezca la conceptualización de la magnitud cantidad de sustancia.

Objetivos específicos.

Realizar un estudio histórico crítico de los principios equivalentistas que rigen el concepto de cantidad de sustancia.

Diseñar e implementar una propuesta experimental orientada a la elaboración de una escala de medida de la magnitud cantidad de sustancia.

Implicaciones Metodológicas

La investigación se enmarca en el enfoque cualitativo de orden interpretativo cuya intención es la caracterización de la actividad experimental con relación a la construcción fenomenológica de los conceptos cantidad de sustancia y mol, desde la perspectiva equivalentista. Para ello se trabaja con una población de 30 estudiantes de educación media de grado undécimo, con familias de condiciones socioeconómicas favorables y pertenecientes a una institución privada de carácter confesional. La institución cuenta con instalaciones de laboratorios cómodas y bien equipadas.

La investigación se desarrollará en cinco etapas fundamentales:

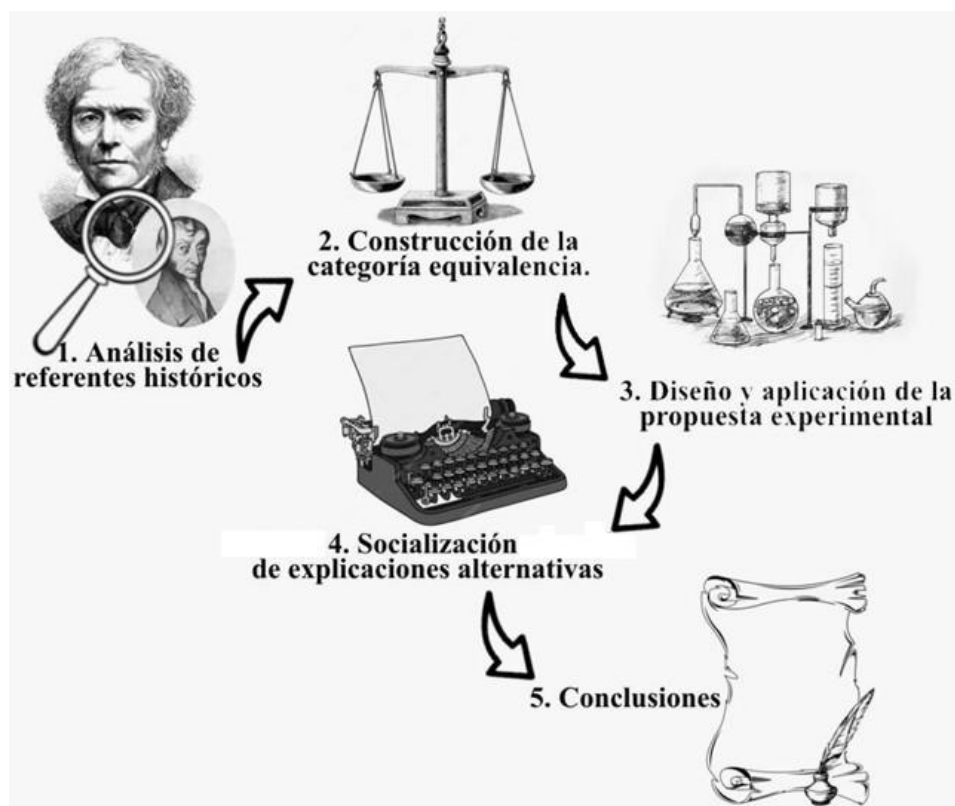


Ilustración 2. Diagrama de la metodología propuesta.

Análisis de referentes históricos a partir de fuentes primarias.

En la experiencia de la enseñanza de la química una de las dificultades más recurrentes ha sido la comprensión del concepto mol. En ocasiones es abordado de forma descontextualizada y se enseña de forma memorística haciendo énfasis en reconocer las relaciones de mol, peso (atómico o molecular) y número de Avogadro.

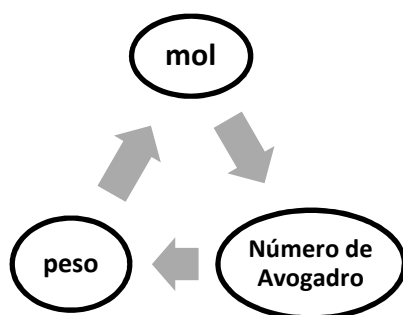


Ilustración 3. Relaciones de cantidad de sustancia

Sin embargo, pocas veces se indaga sobre la magnitud cantidad de sustancia que, aunque ha causado gran discusión en cuanto a su denominación, es importante relacionarla como una propiedad que permite medir la cantidad de unidades elementales que constituyen un sistema material. Al respecto (Andrade Gamboa, Corso, & Gennari, 2006), discuten acerca de la pertinencia de cambiar el término cantidad de sustancia por el término cantidad química. Aunque la IUPAC, acepta los dos términos y los reconoce como sinónimos.

La química es una ciencia que utiliza la medición como referente para la predicción y reproductibilidad de los experimentos. En esta medida es importante entender que la materia expresa una propiedad que se usa para medir las cantidades de materia que interactúan en los cambios asociados a las reacciones químicas, esa magnitud se conoce como cantidad de sustancia y a pesar de que en la actualidad la cantidad de sustancia es reconocida como una de las magnitudes fundamentales del sistema internacional de medidas (SI), se tiene una dificultad en cuanto a que no existe un instrumento con el cual se puedan realizar estas mediciones. La inexistencia de un

“molómetro” con el cual se puedan realizar mediciones de forma directa sobre la materia, representa en el proceso de enseñanza y aprendizaje una dificultad significativa.

Otra dificultad importante asociada a la enseñanza de la magnitud cantidad de sustancia es su concepto (Mora & Parga, 2005). La última actualización realizada por la IUPAC en el 2017 del concepto cantidad química, lo define como la cantidad de sustancia de una entidad elemental especificada, que puede ser un átomo, molécula, ion, electrón, cualquier otra partícula o un grupo especificado de tales partículas, cuya unidad es el mol. Y a su vez mol se define asignando el valor numérico fijo de la constante de Avogadro $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ a la cantidad de partículas (Marquardt R. , y otros, 2018). Aquí surge un inconveniente: ¿Cómo contamos entidades elementales que no podemos ver?

Un rastreo histórico, permite entender las discontinuidades y fracturas que han surgido en la construcción de los conceptos, permitiendo al profesor reconocer en el aula estas irregularidades y potenciarlas a favor. Al respecto Mora (2005) plantea que “Un profesor en formación debe ser preparado para saber (...) los problemas que originaron la construcción de los conocimientos científicos, para entender cómo han llegado a articularse como cuerpos de conocimiento”. En este trabajo se realiza un rastreo histórico que propende a un análisis histórico crítico de los conceptos cantidad de sustancia y mol, este análisis por un lado busca evidenciar la importancia del experimento a nivel histórico y en la construcción de fenomenologías y por otro dar soporte a la propuesta experimental.

El análisis propuesto se separa en cuatro partes fundamentales: La antigüedad, cambio de paradigma, equivalente químico y Equivalente electroquímico.

1. La antigüedad: Este periodo se caracterizó primordialmente por el desarrollo de la alquimia. Se rastrean interpretaciones que puedan inferir el origen de la cantidad química y que se hayan publicado antes de la edad moderna.

Este análisis histórico comienza con la publicación de Aristóteles titulada: *On Generation and Corruption Aristotle* (Joachim, 1922). Aquí sobresalen tanto la teoría

de los cuatro elementos, como la teoría atómica. Estas dos teorías se constituyen como el origen de las explicaciones acerca de la constitución de la materia, base de la magnitud cantidad química.

A partir de estas interpretaciones se hace un salto hasta la propuesta de la tria prima de Paracelso, este análisis se realiza desde una fuente secundaria (Brock, 1998).

Enseguida se aborda el libro *Opera omnia Volumen I* (van Helmont, 1707) . Van Helmont, discípulo de Paracelso, presenta una serie de experimentos que buscan reconocer al agua como elemento primordial de la materia, sin embargo, nos ofrece un cambio significativo en sus análisis, pues utiliza medidas de peso para corroborar sus ideas. Esto constituye la frontera de un cambio paradigmático en el método de análisis. El experimento empieza a ser clave para el desarrollo de la ciencia emergente: la química.

2. Cambio de paradigma. Robert Boyle constituye uno de los puntos de inflexión del desarrollo del conocimiento científico, pues a partir de su publicación más famosa *The Sceptical Chymist* publicada en 1661 da soporte para que ocurra un cambio paradigmático en la química (este rastreo se realiza desde una fuente secundaria). A continuación se analiza la publicación titulada *Traité élémentaire de chimie: présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes* (Lavoisier, 1789), por su importancia en las bases de la química moderna. Antoine Lavoisier, publica varios experimentos donde predomina la precisión de sus medidas. Estos estudios, por un lado, le permiten formular el principio de conservación de la materia, y por otro lado le proporcionan soporte experimental para unificar y desarrollar un lenguaje para la química, introduciendo conceptos como sustancia compuesta y sustancia elemental, que son claves para la constitución del concepto mol.

La revisión del artículo de Gay-Lussac (1802) titulado: *Sur la dilatation des gaz et des vapeurs*, publicada *Annales de chimie*, cobra relevancia en tanto que es el punto de partida para las publicaciones de Dalton (1805) y de otra publicación del mismo Gay-Lussac (1809), esta publicación le permite a Dalton fundamentar sus estudios acerca de la absorción de gases en agua, cuyos resultados publicaría con el título de *On the absorption of gases by water and other liquids* en el año 1805. Dalton realiza una

serie de experimentos cuyo análisis cuantitativo le permite publicar una tabla de pesos relativos, estableciendo así la ley de las proporciones múltiples. Más adelante estos mismos estudios le permiten proponer una teoría atómica que publica en 1808 con el nombre de *A new system of chemical philosophy*, incidiendo en el desarrollo de la perspectiva atomista de la química.

3. Equivalente químico. Posterior a la publicación de la teoría atómica de Dalton, Gay-Lussac (1809) publica su estudio de combinación de volúmenes titulado: *Sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres*. Este estudio es relevante para el desarrollo de la equivalencia entre el volumen y la masa de los gases. Los estudios de Gases le permiten a Avogadro realizar una hipótesis sobre el cálculo de las masas relativas a partir de las densidades de los gases, estableciendo la base conceptual para el desarrollo de la unidad mol. La hipótesis fue publicada en *Journal de Physique* el año 1811 bajo el título: *Essay on a manner of determining the relative masses of the elementary molecules of bodies, and proportions in which they enter into these*.
4. Equivalente electroquímico. Los trabajos desarrollados por Faraday y publicados en la revista *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* en 1834, particularmente *Experimental Researches in Electricity Seventh series*, que desarrolla el problema de la electrodescomposición de sustancias, permite acuñar el concepto de equivalente electroquímico. Este último concepto es trascendental para la elaboración de la categoría de equivalencia y para el desarrollo experimental del presente trabajo.

Construcción de la categoría equivalencia.

El producto del análisis juicioso del referente histórico permite dar claridad del origen equivalentista de la magnitud cantidad de sustancia y por ende permite la construcción de una fenomenología que ayuda a organizar los fenómenos para desarrollar una actividad experimental que se dirija a la comprensión de los conceptos cantidad de sustancia.

Diseño y aplicación de la propuesta experimental.

La propuesta experimental contempla la elaboración de guías que tienen como objetivo promover explicaciones alternativas y procesos de conceptualización sobre los conceptos mol y cantidad de sustancia. Esta propuesta está fundamentada desde la perspectiva equivalentista de los trabajos de electrólisis realizados por Faraday.

El diseño experimental se realiza fundamentalmente en cuatro fases antecedidas por una actividad de contextualización e indagación. En esta primera parte se realizan, en el aula, una serie de actividades de contextualización histórica a través de la discusión de lecturas, con ellas se pretende ubicar históricamente al estudiante, ambientándolo en las tecnologías y descubrimientos de la época, estableciendo así límites temporales y conceptuales. Del mismo modo se realiza una indagación de las concepciones que tienen los estudiantes acerca de magnitud, unidades de medida y cantidad de sustancia.

Fase I: Esta fase es exploratoria y está diseñada para permitir al estudiante recordar o reconocer algunos fenómenos relacionados con los sistemas gaseosos y que han sido regularizados en algunas leyes como la ley de Boyle o la hipótesis de Avogadro.

Fase II: Esta fase es exploratoria y se enfoca en posibilitar que el estudiante reconozca algunas cualidades propias de los fenómenos eléctricos aplicados en las soluciones.

Fase III: En esta fase se realizan actividades experimentales de índole cuantitativo, que le permiten al estudiante relacionar los fenómenos eléctricos con los fenómenos químicos.

Fase IV: Esta fase se diseña a partir de dos experiencias simultáneas para permitir que el estudiante construya explicaciones de equivalencia.

A lo largo de las etapas se diseñan instrumentos que permitan recoger información que posteriormente pueda ser sistematizada.

Socialización de explicaciones alternativas y construcción de fenomenologías.

El producto de la socialización da cuenta del resultado final de la actividad experimental desarrollada en el aula. Aunque la socialización se desarrolla de manera transversal a lo largo de la implementación de la propuesta metodológica, es durante esta etapa dónde se construye la fenomenología, en tanto que es a través de las formas de hablar donde se evidencian las relaciones que se establecen entre el estudiante y el fenómeno, posibilitando la construcción de explicaciones alternativas, las cuales revelan la producción de conocimiento.



Ilustración 4. Relaciones e implicaciones de asumir el proceder fenomenológico. (Rincón Reyes & Rodríguez Rodríguez, 2014)

Los estudiantes realizan sus propias conclusiones y las relacionan entre sí, durante esta etapa tolera que el investigador oriente algunos análisis que permitan afianzar mejor los conceptos, esto debido a los errores experimentales que se suelen presentar en los niveles escolares.

Conclusiones.

En esta etapa se elabora un conjunto de proposiciones que permiten deducir a partir del análisis de la información obtenida, la pertinencia final de la investigación y sus aportes al campo. Es indispensable establecer si los enunciados son resueltos a cabalidad o si se deben realizar a futuro ajustes o recomendaciones.

Estudio o Análisis de referentes históricos.

Este capítulo está estructurado desde dos preguntas fundamentales que han surgido a lo largo de la historia de la humanidad. La primera pregunta ¿De qué está hecha la materia?, aspecto que no solo profundiza en el origen propiamente dicho de la materia, sino en su composición y estructura. La respuesta a esta pregunta a suscitado un sin número de discusiones que para efectos de este trabajo se abordan desde el pensamiento occidental. La segunda pregunta surge como parte del desarrollo de la primera: ¿Cómo medir la materia? El cuantificar las propiedades de la materia ha sido una de las discusiones más controvertidas que a la fecha continúa desarrollándose, pues no solo depende del método que se utilice, sino de la perspectiva desde la que se plantean las mediciones.

El análisis abarca desde las primeras explicaciones del origen y cualidades de la materia, buscando relacionar estas explicaciones con la magnitud cantidad sustancia. Se hace también rastreo a las primeras mediciones reportadas que serían las bases para medir cantidades de materia y expresar sus cualidades. Del mismo modo se realiza un análisis de las experiencias que propendieron a desarrollar las posturas atomistas y equivalentistas.

La Antigüedad

La Alquimia. La humanidad ha mostrado un interés innato por manipular la materia, esto obligó desde sus orígenes a ampliar su comprensión sobre ella, a clasificar los cambios que se generaban a partir de sus interacciones y a proporcionar explicaciones sobre estos cambios. Si bien es cierto que las explicaciones iniciales no comprenden un origen científico, si contribuyeron a la experimentación, y al surgimiento de nuevas perspectivas explicativas que alimentaron el conocimiento alquímico y con él la comprensión de la materia.

Muchos historiadores refieren a la alquimia como la base estructural de la química, esto ha generado un interés en definir la alquimia. Sheppard (citado por Brock, 1998, p.25) formuló que:

La alquimia es un arte cósmico mediante el cual partes del cosmos (las minerales y las animales) pueden liberarse de su existencia temporal y alcanzar estados de perfección, así en el caso de los minerales, convertirse en oro, y en el caso de los seres humanos, la longevidad, la inmortalidad y finalmente la redención. Estas transformaciones pueden llevarse a cabo, por un parte, mediante el uso de una sustancia material como la “piedra filosofal” o el elixir y, por otra, a través de la revelación de conocimientos o de la iluminación psicológica.

Esta definición expone a las conocidas actividades materiales y espirituales de la alquimia como dependientes del tiempo, a la vez que permite relacionar los diferentes conocimientos alquímicos según su origen cultural (Brock, 1998).

Esta base conceptual permite establecer que las técnicas experimentales que permitieron a la humanidad manipular la materia tienen su origen desde la prehistoria, marcada sin lugar a duda por la dominación del fuego. “una vez controlado el fuego, surgieron la cocción de alimentos, las artes metalúrgicas y la fabricación de cerámica pinturas y perfumes” (Brock, 1998, p.29). Diferentes culturas se aproximaron al conocimiento de la materia a través de la alquimia, sin embargo, es en Grecia donde influidos por los principios de la racionalidad y de la lógica, se presenta una teoría que permite ordenar, clasificar y explicar los principios de la materia.

Aproximadamente en el siglo VI antes de cristo Tales de Mileto propuso que la base de toda la existencia era el agua, posteriormente, un siglo más tarde Anaxímedes consideró que el aire era el constituyente principal del universo. En el mismo siglo, Heráclito propuso que era el fuego el gestor de todos los cambios y por tanto el origen de todo. Fue Pitágoras quien consideró que no debía ser solamente un constituyente el que conformaba las cosas, adoptando la idea de que la tierra, el agua, el aire y el fuego constituían todas las cosas, sin embargo, se mencionaron cuatro cualidades adicionales a los constituyentes principales: calor, frío sequedad y humedad. Empédocles, discípulo de Pitágoras en el siglo V antes de cristo, se encargó de profundizar la idea de los cuatro elementos y la idea de que se encontraban combinados en diferentes proporciones.

Aristóteles menciona en su obra *On Generation and Corruption* que Anaxágoras² y Leucipo afirman que todas las cosas del universo son generadas a partir de una sola cosa, y que particularmente Demócrito y Leucipo consideran que todo está compuesto de cuerpos infinitos e indivisibles, con formas variables. Del mismo modo critica categóricamente la idea de vacío propuesta Leucipo.

El vacío es un "no ser", y ninguna parte de "lo que es" es un "no-ser"; porque lo que "es" en el sentido estricto del término es un pleno absoluto. Sin embargo, este pleno no es "uno": por el contrario, es un "muchos" infinito en número e invisible debido a la minuciosidad de su volumen. Los "muchos" se mueven en el vacío (porque hay un vacío): y al unirse producen "llegar a ser", mientras que al separarse producen "desaparición". Además, actúan y sufren acción donde sea posible la oportunidad de estar en contacto (porque allí no son "uno"), y se generan al juntarse y entrelazarse (Joachim, 1922).

Es de resaltar que a pesar de que estos razonamientos no tienen origen científico pueden estar implícitas las nociones de cantidad de sustancia y mol, concibiendo a "lo que es" como la sustancia; y al "muchos" como las partículas elementales, que son "infinitos en número" (número de Avogadro). Así mismo se puede asociar los términos "llegar a ser" a la síntesis y "desaparecer" a la descomposición. Estos dos últimos términos siglos más adelante permiten realizar las experiencias que desembocan en el concepto de cantidad de sustancia y mol.

Demócrito y Leucipo establecen así las bases del atomismo, sin embargo, Aristóteles se opone a estas posturas y a la idea de vacío, condición que potencia la teoría de los cuatro elementos para que predomine sobre las explicaciones de la materia y las actividades experimental de los siguientes siglos. Se profundizan así las actividades

² Anaxágoras utiliza el término de homeomería para indicar que cada una de las partes que componen un todo, son similares al conjunto que forman el todo.

místicas y mágicas que consolidan la idea de transmutación, en la que a un material (un metal) se le sustraían sus cualidades para ser substituidas por otras (oro). Estas ideas prevalecieron durante varios siglos y aunque puede especularse un retraso para el desarrollo de la química, este periodo permitió el desarrollo de técnicas experimentales importantes que desembocaron en una nueva visión del mundo.

Iatroquímica. A finales del siglo XV e inicios del siglo XVI, la alquimia estaba decayendo, ofreciéndole a Paracelso una oportunidad para distanciarse de los principios tradicionales de la alquimia y apuntar al desarrollo de las propiedades curativas utilizando los metales. En esta época se había heredado la idea de que los metales tenían dos principios que según su proporción podían formar oro, estos dos principios eran el azufre y el mercurio. Sin embargo, Paracelso agregó un tercer principio: la sal. A partir de estos tres principios los cuales se conocen como tria prima, plantea una teoría en la cual un desequilibrio en la tria Prima, produciría las enfermedades. Así plantea una nueva disciplina a la que llama iatroquímica, que será un referente para el desarrollo de ideas revolucionarias (Brock, 1998).

Jan Baptist van Helmont. Un siglo más tarde durante el siglo XVII rechazó la tria prima de Paracelso, Argumentó que eran dos los principios de los cuerpos: el agua y el fermento. Para apoyar sus postulados realizó diferentes experimentos, aunque con una diferencia trascendental, en sus publicaciones utilizó datos de mediciones experimentales para soportar sus ideas. Uno de sus experimentos más reconocidos es el de la siembra del sauce.

Que las cosas del reino vegetal vienen del elemento agua me fue enseñado al terminar este experimento, Así que tomé una vasija de arcilla en la que coloqué 200 libras de tierra secada en un horno y humedecida con agua lluvia, allí sembré un tallo de sauce que pesaba 5 libras. Después de cinco años había surgido un árbol de 169 libras y tres onzas aproximadamente. Solo se agregó agua lluvia o agua destilada (cuando era necesario), Se colocó la vasija sobre la tierra y fue cubierta con una lámina de hierro con varios agujeros para evitar el polvo. No tuve en cuenta el peso de las hojas caídas en cuatro otoños. Al final, he secado de

nuevo la tierra y entonces encontré las mismas 200 libras. 164 libras del árbol, su corteza y sus raíces provenían únicamente del agua (van Helmont, 1707).

Es importante señalar que van Helmont introduce la medición como un rasgo decisivo en sus observaciones para dar soporte a la idea del agua como elemento constitutivo de las cosas. Este procedimiento cuantitativo como parte de los análisis, sin lugar a duda influye en las prácticas posteriores, que buscan replicar estas experiencias para corroborar los resultados.

Cambio de paradigma

Robert Boyle. A mediados del siglo XVII verificó el experimento del sauce, pero utilizando semillas de calabaza y posteriormente le introdujo variaciones absteniéndose de utilizar tierra, por lo cual hizo crecer plantas de menta en agua. Los resultados parecían contundentes, pese a ello no logró encontrar el crecimiento de otra sustancia como los metales a partir del agua, razón por la cual actúa de forma prevenida con esta idea.

Para esta época las teorías atomistas habían tomado fuerza, por tanto, no había mucho rechazo a la idea de que existían partículas diminutas o corpúsculos, por tanto, la filosofía de Boyle está impregnada de estas teorías y se sustenta en que las propiedades de la materia se explicaban a partir del movimiento, tamaño y forma de los corpúsculos y por la interacción entre ellas. Para Boyle el oro, el hierro y el cobre no eran elementos, sino que eran conglomerados de la misma sustancia que se diferenciaban por el tamaño, forma y estructura en cada uno de ellos (Brock, 1998).

En 1661 Robert Boyle publica *The Sceptical Chymist*, donde realiza una crítica a la teoría de los cuatro elementos y la tria prima, argumentado que son insuficientes para explicar las propiedades de la materia. Esta publicación se considera influyente para el desarrollo de la visión mecánica de la naturaleza, aspecto que es base para la química moderna.

Antoine Lavoisier. Antoine Lavoisier publicó en 1789 *Traité élémentaire de chimie*, en donde muestra su distancia con respecto al paradigma predominante en la época, la teoría de los cuatro elementos y su carácter metafísico. En cuanto a la transmutación de los materiales demostró experimentalmente que el agua no se transmuta en tierra, para ello en un recipiente cerrado con forma de pelícano evaporó por más de cien días agua. Los resultados evidenciaron la aparición de un residuo en el fondo del recipiente, pero Lavoisier realizando mediciones de peso con excelente precisión demostró que los residuos eran producto de la descomposición del recipiente de vidrio por efecto del calor y no por la transmutación del agua.

Lavoisier vuelve la precisión en las medidas parte esencial de su método experimental, a partir de ellas realiza los análisis que le permiten avanzar en sus razonamientos y alejarse del paradigma de los cuatro elementos. Así se evidencia en el capítulo XIII de *Traité élémentaire de chimie*, cuando escribe:

sería preciso conocer bien el análisis y naturaleza del cuerpo capaz de fermentar, y los productos de la fermentación; porque no hay cosa que se cree ni en las operaciones del arte, ni en las de la naturaleza, pudiéndose establecer como principio, que en toda operación hay una igual cantidad de materia antes y después de la operación; que la calidad y cantidad de los principios son las mismas; y que no hay más que mutaciones o modificaciones (Lavoisier, 1789).

La potencia experimental que Lavoisier imprime para demostrar este principio en experimentos posteriores de calcinación de metales divide en dos la historia de la química derrocando la teoría de flogisto.

Descomposición del agua. En el capítulo VIII Antoine Lavoisier, realiza en principio tres experimentos que le permiten concluir que el agua no es un elemento primordial en la materia y por el contrario es una sustancia compuesta de dos principios gaseosos elementales a los que llamó oxígeno (generador de ácidos) e Hidrógeno (generador de agua), para ello dispone descomponer el agua por efecto del carbón y el hierro. Lavoisier (1789) concluye. “si esta sustancia se compone realmente de un

principió que le es propio, esto es, del hidrógeno combinado con el oxígeno; es claro que, reuniendo estos dos principios, se volverá a formar agua” (pág. 96). Para confirmar esta idea decide realizar un cuarto experimento cuyos resultados le permiten concluir.

el agua no es una sustancia simple, sino compuesta de dos principios, que son el oxígeno y el hidrógeno, y que separados uno de otro, tienen tal afinidad con el calórico, que solo pueden existir en forma de gas a los grados de temperatura y presión en la que vivimos (Lavoisier, 1789, pág. 100).

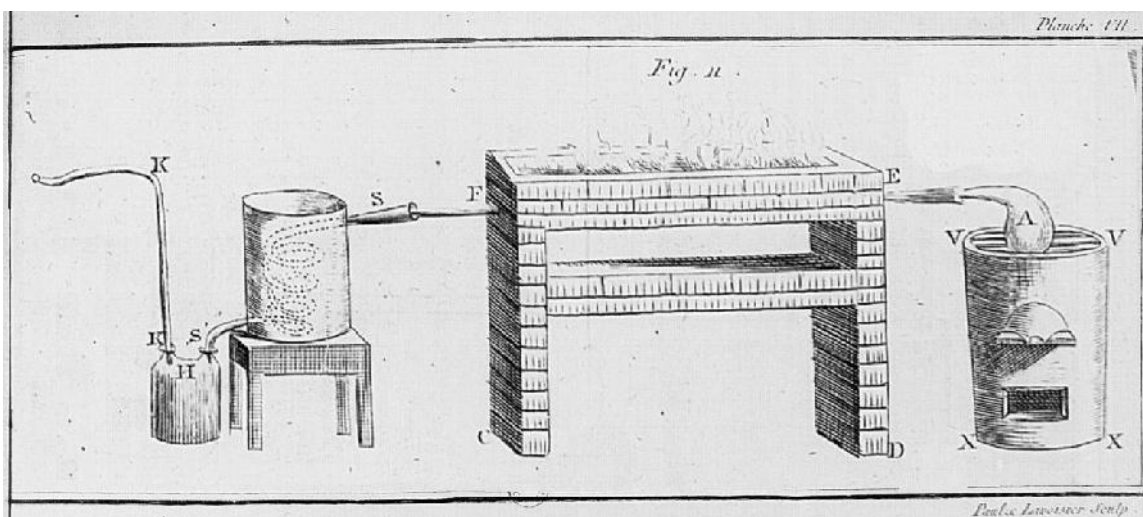


Ilustración 5, Figura 11 plancha VII de *Traité élémentaire de chimie* (1789).

Elemento. Lavoisier en el prefacio de *Traité élémentaire de chimie*, propone el nombre de elemento para señalar las sustancias que componen los cuerpos y que no son susceptibles de ser separadas por métodos experimentales, aclarando que las sustancias que a la fecha aún no han podido ser separadas por las limitaciones experimentales no podrán considerarse sustancias elementales. Lavoisier sin negar la teoría atomista que define a los elementos como partículas simples e indivisibles que constituyen la materia, toma distancia de estas ideas y propone abordar el término elemento desde las propiedades de las sustancias. Esta mirada además permitir clasificar la materia en sustancias compuestas y sustancias elementales también será un criterio fundamental para fortalecer la visión equivalentista.

John Dalton. Su interés por la meteorología le permitió avanzar en la comprensión del comportamiento de los gases realizando experimentos que lo acercaron a proponer una teoría atómica, uno de sus principales aportes a la química. Teniendo en cuenta las conclusiones realizadas por Jacques Charles y confirmadas por Gay-Lussac que contemplan que todos los gases se expanden en igual cantidad por la variación del calor, realizó una serie de experimentos que publicó en 1805 y tituló *On the absorption of gases by water and other liquids*. En esta publicación se percibe como toma distancia de las posturas en las que se consideraba el aire como un solvente en el cual se dispersaban los gases y lo interpreta como un sistema mecánico, estableciendo una teoría de absorción de gases con ocho postulados. En el último postulado (número ocho) menciona que la absorción de diferentes tipos de gases en el agua depende del peso y el número de partículas presentes en la mezcla de gases (Dalton, 1805, pág. 18). En este postulado se evidencian claramente dos aspectos relevantes, el primero la necesidad de determinar el peso de los gases y el segundo fijar una postura atomista que permita explicar cómo la cantidad de partículas que incide en la absorción de los gases.

Dalton supuso que las partículas de agua estaban organizadas por niveles y que una partícula de aire descansaba sobre la superficie ejerciendo presión sobre el resto de las partículas de forma organizada.

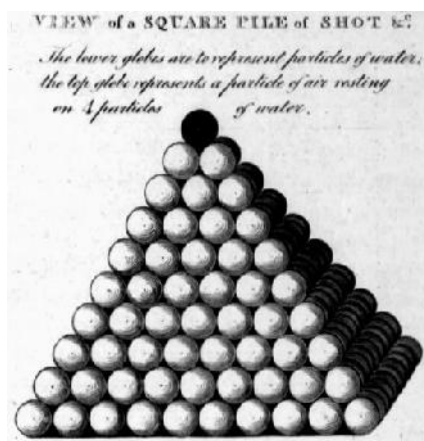


Ilustración 6 Vol.1-Plate.1. On the absorption of gases by water and other liquids

En cuanto al peso de las partículas, determinó los pesos de algunos gases y otras sustancias utilizando la densidad del hidrógeno como valor relativo, dado que en sus experimentos este elemento resultó el de menor densidad.

T A B L E

*of the relative weights of the ultimate particles
of gaseous and other bodies.*

Hydrogen	1
Azot	4.2
Carbone	4.3
Ammonia	5.2
Oxygen	5.5
Water	6.5
Phosphorus	7.2
Phosphuretted hydrogen	8.2
Nitrous gas	9.3
Ether	9.6

Ilustración 7 Tabla de pesos relativos. On the absorption of gases by water and other liquids

En la publicación de 1808 titulada *A New System of Chemical Philosophy*, Dalton (1808) concluye, “todos los cuerpos de magnitud sensible ya sean líquidos o sólidos, están constituidos por un gran número de partículas extremadamente pequeñas, o átomos de materia unidos por una fuerza de atracción” (pág. 141). Asumiendo la postura atomista que requería para su soporte la determinación de los atómicos.

En su teoría atómica, Dalton combina la ley de conservación de la materia, aspecto que le permite realizar el estudio de los pesos atómicos. Al respecto Dalton (1808) menciona, “El análisis químico y la síntesis no van más allá de la separación de partículas entre sí, y de su reunión. Ninguna nueva creación o destrucción de materia está al alcance de la agencia química” (pág. 212). Este postulado permite comparar pesos combinados entre diferentes sustancias, para inferir otros pesos combinados (pesos relativos) a partir de las equivalencias de sus componentes elementales. Así, por ejemplo, si ocho gramos de oxígeno reaccionan con un gramo de hidrógeno para formar nueve gramos de agua y, por otro lado, ocho gramos de oxígeno reaccionan con tres gramos de carbono para producir once gramos de gas carbónico; entonces un gramo de hidrógeno es equivalente a tres gramos de carbono para producir cuatro gramos de una sustancia compuesta. Para este análisis cabe resaltar que Dalton consideraba que el peso era la única propiedad que determina el comportamiento de las sustancias que, aunque esta idea estuvo alejada de los desarrollos posteriores, le permitió formular la que se conoce como ley de las proporciones múltiples.

A pesar de que Dalton erró al calcular a partir de los pesos las proporciones en las que reaccionaban algunas sustancias como el agua³, relacionó de forma interesante los pesos equivalentes de los elementos conocidos en la época con el peso de sus respectivos átomos. Sin embargo, al realizar estas equivalencias contribuyó a mantener una discusión importante en cuanto a lo innecesario que es acudir a los corpúsculos para poder medir la materia y sus proporciones, apoyando el escepticismo con respecto a la existencia del átomo. Esta discusión mantendrá en los siguientes años dos perspectivas en la química, la equivalentista y la atomista.

³ Dalton consideró el agua como un compuesto binario constituida por un átomo de hidrógeno y un átomo de oxígeno.

Equivalente químico

Joseph Louis Gay-Lussac. En el año de 1802 realizó una publicación titulada *Sur la dilatation des gaz et des vapeurs*, donde publicó los resultados de los experimentos de dilatación de gases. Gay-Lussac (1802) concluye:

Esta experiencia demuestra que el vapor del éter y los gases se dilatan por igual, nos hace ver que esta propiedad no depende de la naturaleza particular de los gases y vapores, sino solamente de su estado elástico, y ello nos lleva a concluir que todos los gases y vapores también se dilatan en los mismos grados de calor (pág. 174).

Esta experiencia además de permitir a Dalton apoyar sus estudios de solubilidad de gases en agua, fue la base de posteriores estudios de combinación de volúmenes de gases que fueron publicados en *Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil* en 1809, en el artículo titulado: *Sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres*. En esta publicación Gay-Lussac (1809) expone los objetivos de sus experiencias mencionando que con ellas busca dar a “conocer nuevas propiedades en los gases, cuyos efectos son regulares, demostrando que estas sustancias se combinan entre sí en relaciones muy simples, y que la contracción del volumen que experimentan mediante la combinación también sigue una ley regular” (pág. 208). Después de presentar varios experimentos de combinaciones de volúmenes de gases entre los que se encuentran la formación de óxidos de carbono y los óxidos de azufre y otras experiencias⁴ de formación de sales, concluye que cuando los gases reaccionan entre sí, lo hacen en proporciones simples (Gay-Lussac, 1809).

⁴ Con estos experimentos Gay Lussac considera: “No es menos sorprendente que, ya sea que obtengamos una sal neutra o una salina, sus elementos se combinan en relaciones simples que deben considerarse como límites de sus proporciones” (Gay-Lussac, 1809, pág. 213).

Esta publicación tiene un aspecto que cobra relevancia para este trabajo, Gay-Lussac relaciona diferentes cantidades combinadas de volumen de gases con el peso de cada uno de ellos en una reacción química, así mismo relaciona estos pesos con los productos finales.

El ácido sulfúrico está compuesto de 2 partes en volumen de gas sulfuroso y 1 de gas oxígeno. Por lo tanto, el peso de una cierta cantidad de ácido sulfúrico debe ser el mismo que el de 2 partes de ácido sulfuroso y 1 de gas oxígeno, es decir, $2 \times 2,2659$, más $1,1055 \text{ g} = 5.63359$. (Gay-Lussac, 1809, pág. 220)

En la cita anterior está implícita la magnitud cantidad de sustancia y aunque no se desarrolla el concepto, se pueden evidenciar mediciones indirectas de cantidad de sustancia, si se entiende que la materia del gas que está contenida en un volumen fijo bajo las condiciones controladas de presión y temperatura (Ley de Gay-Lussac) es un valor constante.

Amadeo Avogadro. Teniendo en cuenta los estudios de Dalton y Gay-Lussac, publica en *Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts* de Paris, un artículo titulado: *D'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons*⁵, en el cual presenta su hipótesis. “suponer que el número de moléculas integradoras en los gases individuales es siempre el mismo a igual volumen, o siempre es proporcional a los volúmenes” (Avogadro, 1811, pág. 58).

Avogadro realiza cálculos a partir de los datos experimentales de Gay-Lussac con respecto a las proporciones y densidades de los gases. Particularmente para el caso del agua a partir de las densidades de los volúmenes iguales de los gases de oxígeno

⁵ De una manera para determinar las masas relativas de las moléculas elementales de los cuerpos y las proporciones según las cuales entran en estas combinaciones (1811)

(1,10359) e hidrógeno (0,07321) calcula que la masa de la molécula de oxígeno será 15,074 veces la de la molécula de hidrógeno. Y teniendo en cuenta que las proporciones de volumen de oxígeno e hidrógeno para la formación del agua son 1:2 respectivamente, deduce que la molécula de agua se produce por la unión entre una molécula de oxígeno y dos moléculas de hidrógeno. Esta deducción corrige los resultados de Dalton, quien consideraba el agua como un compuesto binario (HO), replanteándolo como un compuesto ternario (H₂O).

Avogadro dedujo que los gases de sustancias elementales como el oxígeno, estaban constituidos por moléculas compuestas, a las cuales denominó moléculas elementales, actualmente conocidas moléculas diatómicas. Así mismo razonó que las sustancias compuestas en general están constituidas por la unión de moléculas elementales a las que definió como moléculas integrales.

Cuando Avogadro asume que la proporción entre las densidades de dos gases a volumen constante representa la relación entre las masas de los mismos gases bajo las mismas condiciones; consolidó el camino para desarrollar una unidad para medir la cantidad de sustancia que interviene en una reacción química.

Equivalente Electroquímico.

Michael Faraday. Publicó en el año de 1834 la séptima serie de sus estudios titulados *Experimental researches in electricity*. en *Philosophical transactions of the royal society of London*. En esta publicación desarrolló una nueva terminología aplicada a los fenómenos eléctricos que fue ampliamente aceptada hasta el punto de que actualmente continua su uso. Es así como introdujo términos como electrodo, electrolito, electrolizar, cátodo, ánodo, ion, catión y anión.

Estos términos los acuñó en primera medida para definir los instrumentos que utilizaba en sus experimentos enfocados al estudio de la acción de la electricidad en la descomposición de sustancias, y en segunda medida para relacionar los instrumentos con las observaciones que se desprendían de los fenómenos que observaba. Lo anterior se evidencia al comenzar la séptima serie dónde Faraday (1834) afirma:

La fraseología general es que el polo positivo atrae oxígeno, ácidos, etc., o más cautelosamente, que determina su evolución en la superficie; y que el polo negativo actúa de igual manera sobre hidrógeno, combustibles, metales y bases. Según mi punto de vista, la fuerza determinante no está en los polos, sino dentro del cuerpo en descomposición; y el oxígeno y los ácidos se convierten en la extremidad negativa de ese cuerpo. (pág. 77).

Aquí se evidencia un análisis trascendental en la comprensión de los fenómenos de descomposición y la necesidad de desarrollar nuevos términos.

Faraday (1834) teoriza que. “la acción química de descomposición de una corriente es constante para una cantidad constante de electricidad, a pesar de las variaciones en sus fuentes, en su intensidad, en el tamaño de los electrodos utilizados, en la naturaleza de los conductores” (pág. 85). Por lo cual construye un voltámetro para obtener datos que le permitan afirmar esta relación constante entre la cantidad de electricidad y la cantidad de sustancia descompuesta.

Faraday (1834) escogió el agua para realizar las experiencias, pues consideró que es una sustancia que se descompone con facilidad al adicionarle ácidos (acidulada por ácido sulfúrico) o sales y que los productos de la descomposición al ser gaseosos le permiten aislarlos y medirlos de forma efectiva. Faraday diseñó varios instrumentos para realizar las experiencias con el agua, todas ellas enfocadas a comprobar su teoría. Al respecto Faraday (1834) menciona. “el resultado final fue que exactamente la misma cantidad de agua se descompuso en todas las soluciones por la misma cantidad de electricidad” (pág. 91).

En el capítulo titulado: Sobre la naturaleza y extensión definidas de la descomposición electroquímica. Faraday expone una serie de experimentos en los que descompone varias sustancias con el objetivo de llegar a las mismas conclusiones con las que llegó al descomponer el agua. Tras confirmar el mismo comportamiento realiza una

tabla donde expone los equivalentes electroquímicos de los iones.

847. TABLE OF IONS.

Anions.

Oxygen	8	Cyanogen	26	Phosphoric acid....	35·7	Citric acid	56
Chlorine.....	35·5	Sulphuric acid	40	Carbonic acid	22	Oxalic acid	36
Iodine	126	Selenic acid	64	Boracic acid	24	Sulphur (?)	16
Bromine.....	78·3	Nitric acid.....	54	Acetic acid.....	51	Selenium (?)	
Fluorine.....	18·7	Chloric acid	75·5	Tartaric acid	66	Sulpho-cyanogen ..	

Ilustración 8 Tabla de equivalentes propuestas por Faraday (1834, pág. 114)

Cations.

Hydrogen	1	Tin	57·9	Mercury	200	Strontia	51·8
Potassium	39·2	Lead.....	103·5	Silver	108	Lime.....	28·5
Sodium	23·3	Iron	28	Platina	98·6?	Magnesia	20·7
Lithium	10	Copper.....	31·6	Gold.....	(?)	Alumina	(?)
Barium	68·7	Cadmium.....	55·8	—————		Protoxides generally.	
Strontium	43·8	Cerium.....	46	Ammonia	17	Quinia	171·6
Calcium	20·5	Cobalt	29·5	Potassa.....	47·2	Cinchona	160
Magnesium.....	12·7	Nickel	29·5	Soda.....	31·3	Morphia	290
Manganese.....	27·7	Antimony.....	64·6?	Lithia	18	Vegeto-alkalies generally.	
Zinc	32·5	Bismuth	71	Baryta	76·7		

Ilustración 9 Tabla de equivalentes propuestos por Faraday (1834, pág. 115)

Faraday concluye al finalizar este capítulo que los equivalentes electroquímicos podrán ser usados para decidir cuál es el equivalente químico, proporcional definido o número atómico de un cuerpo. Posteriormente se atreve a calcular el número de otros equivalentes a partir de sus deducciones. Faraday (1834) comenta.

tengo tanta convicción de que el poder que gobierna la descomposición eléctrica y las atracciones químicas ordinarias es el mismo; y tal confianza en la influencia dominante de aquellas leyes naturales que hacen que la primera sea definitiva, en cuanto a no dude en creer que los últimos se sometan también a ellos. Siendo este el caso, no puedo dudar de que, asumiendo que el hidrógeno es 1, y descartando pequeñas fracciones por la simplicidad de la expresión, el número equivalente o peso atómico del oxígeno es 8, de cloro 36, de bromo 78·4, de plomo 103·5, de estaño 59, no obstante, una autoridad muy alta duplica varios de estos números (pág. 115).

En el capítulo titulado: Sobre la cantidad absoluta de electricidad asociada con las partículas o átomos de la materia, Faraday relaciona los equivalentes electroquímicos con la teoría atómica de Dalton. Para ello realiza un experimento que él mismo describe como un experimento de gran simplicidad, pero extrema belleza. Descompone Zinc por la acción del ácido sulfúrico y almacena el hidrógeno producido para medirlo y compararlo con el volumen obtenido por la electrólisis del agua.

Faraday (1834) asocia la naturaleza eléctrica de las uniones de las sustancias compuestas con la cantidad de corriente utilizada para descomponerlas, de esta forma establece igual en un compuesto la cantidad de electricidad que la compone, como la que la descompone. Posteriormente establece los pesos equivalentes en términos de electricidad. Faraday (1834) afirma.

los pesos equivalentes de los cuerpos son simplemente aquellas cantidades de ellos que contienen cantidades iguales de electricidad, o tienen naturalmente potencias eléctricas iguales; siendo la ELECTRICIDAD la que determina el número equivalente, porque determina la fuerza combinada (pág. 121).

La conclusión de Faraday es importante pues considera que la naturaleza de las uniones que conservan la unidad de las sustancias es de orden eléctrico y que la magnitud de estas fuerzas eléctricas es equivalente o igual a la magnitud de las que intervienen para descomponerlas.

De esta manera establece una relación entre pesos equivalentes y equivalentes eléctricos, desde la perspectiva equivalentista. Sin embargo, posteriormente lo relaciona desde la perspectiva atomista, no sin aclarar antes que mantiene una distancia frente a estas posturas. Al respecto

O, si adoptamos la teoría o fraseología atómica, entonces los átomos de los cuerpos que son equivalentes entre sí en su acción química ordinaria tienen cantidades iguales de electricidad naturalmente asociadas a ellos. Pero debo confesar que estoy celoso del término átomo; ya que, aunque es muy fácil hablar de átomos, es muy difícil formarse una idea clara de su naturaleza (pág. 121).

El sentido de equivalencia aquí es diferente al anterior; aquí lo aborda con un poco de escepticismo, ya que se caracterizaba por guardar una distancia prudente con las posturas atomistas; sin embargo, relaciona el equivalente químico que proviene de la actividad química propia de interacción de los átomos con el equivalente eléctrico propia de las uniones explicadas con antelación. Este último análisis es compartido en esta investigación y es relevante en la concepción de relaciones equivalentes que se proponen en la actividad experimental.

<p>especificar el aporte del estudio histórico crítico a la</p>	<p>La alquimia</p>	<p>Su estudio permite establecer las primeras concepciones acerca de la composición de la materia. A sí mismo la tensión entre la perspectiva aristotélica y la atomista de Demócrito caracterizan el surgimiento de nuevas explicaciones acerca de la composición de la materia. Asumir que la materia está constituida por corpúsculos abre sin lugar a duda la posibilidad de contarlos, paradigma del que se distancia esta investigación.</p>
<p>LA ANTIGUEDAD</p>	<p>Las mediciones de Jan Baptist van Helmont</p>	<p>Van Helmont introduce elementos de carácter cuantitativo para dar soporte a sus razonamientos e introduce la medida como parte de los análisis que realiza para explicar un fenómeno, aspecto fundamental para cumplir el objetivo de esta investigación. El Experimento del sauce, en el cual realiza unas mediciones iniciales y las relaciona con las mediciones finales para concluir que la materia proviene del agua, constituye un principio experimental novedoso para la época.</p>
<p>CAMBIO DE PARADIGMA.</p>	<p>Perspectiva mecanicista de Robert Boyle</p>	<p>Robert Boyle establece en su proceder experimental la filosofía mecanicista, aspecto que trasciende en la química. Sus aportes en cuanto a la explicación de los fenómenos asociados con los sistemas gaseosos permiten predecir el comportamiento de los gases en cuanto a la variación de la presión y el volumen de un gas a temperatura constante. Este aspecto es abordado en la etapa inicial de la implementación experimental.</p>

	Tratado elemental de Lavoisier.	Lavoisier realiza varios aportes invaluable para el desarrollo de la química, dos de estos aportes son fundamentales para esta investigación, el primero la enunciación de la ley de conservación de la materia y el segundo la determinación de los componentes gaseosos del agua a partir de su descomposición. Este último aspecto es fundamental en la investigación dado que se propone experimentalmente la descomposición del agua en dos momentos.
	Medición de las masas atómicas Dalton	Dalton es reconocido por su teoría atómica, sin embargo, para esta investigación es fundamental el trabajo que realizó en torno a la absorción de gases en agua y otros líquidos, en el cual propone un listado de masas atómicas relativas. Este listado abre un campo importante a la perspectiva equivalentista, aspecto transversal en la propuesta investigativa.

QUÍMICO	Proporciones simples de Gay-Lussac	Los trabajos de Gay-Lussac son fundamentales para el desarrollo de la categoría equivalencia. En primera medida por los aportes que le realiza a Dalton y en segunda medida porque profundiza en la medición de cantidades de sustancia al proponer la ley de proporciones simples.
EQUIVALENTE	Hipótesis de Avogadro	La corrección de Avogadro a los valores de masas atómicas de Dalton y suponer que la cantidad de moléculas de un gas es proporcional al volumen que ocupa, es de relevancia para la investigación dado que este es uno de los aspectos que se utiliza para establecer la equivalencia entre volumen y cantidad de sustancia.
EQUIVALENTE ELECTROQUÍMICO	Equivalentes químicos de Faraday	<p>La comprensión que hace Faraday acerca de la función y uso de instrumentos en los montajes es utilizada como referente para la construcción de la fenomenología.</p> <p>La conclusión de Faraday en cuanto a que una cantidad de electricidad constante tiene una acción química constante en la descomposición de las sustancias, es importante a la luz de la investigación en la elaboración de la categoría de equivalencia y en la medición de cantidades de sustancia.</p> <p>Así mismo, la evidencia experimental que muestra en cuanto a que la misma cantidad de agua es descompuesta por la misma cantidad de electricidad es tomada en cuenta al momento de construir una unidad de medida para la cantidad de sustancia.</p>

Tabla 2. Aportes del análisis histórico al desarrollo de la fenomenología.

Diseño e Implementación.

En esta investigación, una vez realizados los análisis históricos de las publicaciones que aportaron significativamente para desarrollar el concepto cantidad de sustancia y mol, se han diseñado actividades experimentales que se llevan al aula para que los estudiantes construyan explicaciones acerca de la cuantificación de las reacciones químicas.

El diseño se plantea desde en cuatro fases que buscan resaltar el trabajo de la actividad experimental en el desarrollo de explicaciones. En la propuesta no se plantean actividades desde la perspectiva de las prácticas teoreticistas (Ferreirós & Ordóñez, 2002), sino desde las experiencias que propicia y favorecen la construcción de explicaciones (Sandoval et al, 2011).

Antes de realizar el diseño experimental, se tuvo en cuenta que si se desea favorecer la construcción de explicaciones por parte de los estudiantes es ideal evitar entregar planteamientos teóricos preestablecidos para propiciar que el análisis que realizan sean producto de su experiencia y no de la contrastación de una teoría previamente enseñada o leída en el aula. Del mismo modo no se debe dar por hecho que el estudiante entiende los fenómenos asociados a la explicación que se busca. Por tanto, la primera fase de la propuesta sin lugar a duda es exploratoria.

Las cuatro fases tienen como aspecto transversal la socialización de la experiencia, pues se considera que es en la socialización que se evidencia la construcción de explicaciones y se sientan las bases para continuar la siguiente fase.

Fase	Intencionalidad	Origen histórico	Actividad y -Fenómeno a analizar	Propósito
Fase I: Exploración de experiencias con gases.	Reconocer a través de la observación, el comportamiento de los gases cuándo se varían sus propiedades físicas.	El principio de dilatación de los gases de Gay-Lussac	Elaboración de un video a partir de un experimento casero. -Variación del volumen que ocupa un gas por efecto de la variación de temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> • Indagar sobre el montaje experimental y realizar descripciones detalladas de a partir de las observaciones realizadas. • Reconocer las características que se evidencian cuando los gases del aire son sometidos a una variación de temperatura en un volumen constante.
		Ley de Robert Boyle	Elaboración de un video a partir de un experimento casero. -Variación del volumen que ocupa un gas por efecto de la variación de presión.	<ul style="list-style-type: none"> • Indagar sobre el montaje experimental y realizar descripciones detalladas de a partir de las observaciones realizadas. • Caracterizar el comportamiento de los gases del aire cuando son comprimidos a temperatura constante.
	Indagar acerca de las propiedades físicas que permiten medir un gas producido a partir de una reacción química.	Volúmenes de combinación de Gay-Lussac e hipótesis de Amadeo Avogadro.	Captura de CO ₂ por la reacción de <i>AlkaSeltzer</i> ® con agua. -Variación del volumen que ocupa un gas por efecto de la cantidad de masa que reacciona.	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el montaje experimental y aproximarse a la medición de gases. • Organizar las mediciones realizadas relacionando la cantidad de masa inicial con la cantidad de gas formado.

Fase II: Exploración de experiencias con electricidad.	Relacionar el fenómeno de conducción eléctrica con las cualidades de los conductores electrolíticos y los cambios que sufren los electrodos con el paso de electricidad.	Caracterización de los electrodos y las soluciones electrolíticas realizada por Michael Faraday.	Experimento de conductividad eléctrica en soluciones y caracterización de diferentes electrodos. -Incidencia de la clase de sustancia de la que están hechos los electrodos en la conductividad de soluciones. Incidencia de la variación de voltaje en la actividad de los electrodos.	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar las cualidades de diferentes soluciones. y organizar de acuerdo con la actividad química evidenciada. • Describir los cambios observables en los electrodos debido a la interacción de la electricidad y la variación de voltaje. • Ordenar las cualidades observadas en términos de la actividad evidenciada sobre los electrodos al hacer pasar electricidad. • Proponer métodos para medir la cantidad de gas que se forma en los electrodos.
Fase III: Relaciones reacción química y cantidad de electricidad.	Comparar la cantidad de electricidad suministrada al agua con el volumen de gas producido en una reacción química.	Electrolisis del agua realizada por Michael Faraday.	Electrólisis del agua en voltámetro de Hoffman. -Relación entre la cantidad de gas producido en una electrólisis y la cantidad de electricidad utilizada.	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar las propiedades físicas de los gases con los instrumentos de medida. • Realizar mediciones de la cantidad de electricidad a partir del amperaje. • Organizar las mediciones de acuerdo con la cantidad de electricidad suministrada y el volumen capturado del gas.
Fase IV: Cantidad de sustancia y equivalente electroquímico.	<ul style="list-style-type: none"> • Distinguir cualidades que permiten establecer una equivalencia entre la cantidad de sustancia en peso depositado en un electrodo y la cantidad de electricidad. 	Electrodeposición Experiencias realizadas por Michael Faraday.	Electrodeposición de Zinc en tres electrodos de cobre. -Relación entre la cantidad masa de un metal depositado en un electrodo y la cantidad de electricidad utilizada.	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mediciones de la cantidad de electricidad que pasa entre dos electrodos. • Realizar mediciones de variaciones de peso en los electrodos. • Establecer relaciones entre la cantidad de electricidad y la ganancia o pérdida de peso en los electrodos. • Establecer la manera como se relaciona la cantidad de sustancia a con las mediciones de cantidad de corriente electricidad

<ul style="list-style-type: none"> • Comparar las cualidades que permiten establecer la equivalencia entre la cantidad de sustancia en volumen de un gas y la cantidad de electricidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hipótesis de Amadeo Avogadro. • Electrolisis del agua realizada por Michael Faraday. 	<ul style="list-style-type: none"> • Electrólisis del agua. • Reacción de Zn con HCl. <p>-Relación entre la cantidad de masa de Zn que reacciona con HCl en exceso para producir un volumen de hidrógeno y la cantidad de electricidad utilizada para producir el mismo volumen de hidrógeno a partir de una electrólisis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mediciones del volumen de hidrógeno capturado en a partir de la actividad química entre el Zn y el ácido clorhídrico. • Realizar mediciones del volumen de hidrógeno capturado en el cátodo a partir de la actividad eléctrica. • Establecer relaciones de equivalencia entre la actividad química y la actividad eléctrica para un mismo volumen de hidrógeno. • A partir de las relaciones de equivalencia argumentar la medición de cantidad de sustancia
--	---	--	--

Tabla 3. Fases experimentales.

Preámbulo.

Un momento previo a la implementación de la propuesta experimental consiste en realizar una lectura grupal de algunos fragmentos del libro titulado historia de la química de William H Brock (1998). Se seleccionó este libro por su narrativa sencilla, pero con alto grado de rigurosidad histórica. Las lecturas seleccionadas correspondieron a dos fragmentos: el primero, la introducción del libro páginas 17 y 18, donde se describe el experimento del Sauce de Van Helmont y se introduce una breve descripción histórica de la química. Durante este momento se indagó sobre las concepciones que tienen los estudiantes acerca de dos aspectos fundamentales para la investigación: qué entienden por magnitud y unidades de medida.

El segundo fragmento corresponde a una sección titulada la alquimia griega de la página 29 a la página 33, en donde se describe la teoría de los cuatro elementos. Con estas lecturas se busca contextualizar a los estudiantes en un momento preatomista. Al finalizar esta lectura se indaga por las concepciones que tienen los estudiantes acerca de cantidad de sustancia.

Fase I: Exploración de experiencias con gases.

¿Por qué realizar una fase exploratoria?, desde la experiencia del autor de esta investigación, se ha evidenciado algunos obstáculos recurrentes cuando se implementa actividades de laboratorio. En primera medida, los grupos de estudiantes con los que se trabaja usualmente no han seguido un proceso con el docente que aplica las actividades, por tanto, él puede suponer que tienen elementos básicos que le permitirían hacer un análisis de la experiencia cercano a los objetivos propuestos para esta. Usualmente esta suposición no es acertada.

Para el caso particular de este diseño experimental se asume que los estudiantes no han realizado experiencias formales que les aporten elementos de análisis para indagar por el comportamiento de los gases; de igual forma, se hace la misma consideración para el caso de las experiencias con electricidad. Partiendo de estas consideraciones se plantean en la primera fase una serie de experiencias que desde la cotidianidad dirijan al estudiante a obtener elementos de análisis que le permitan abordar las siguientes fases de forma más efectiva. Hay que hacer claridad que estas experiencias no requieren específicamente desarrollarse en la escuela de forma presencial, pues la actividad experimental no está enmarcada únicamente al laboratorio o al aula de clase.

Las actividades seleccionadas buscan que el estudiante reconozca algunas propiedades observables de los gases que pueden delimitar un comportamiento determinado. Teniendo en cuenta el análisis histórico realizado se toman como referencia primero, los estudios realizados por Gay-Lussac (1802), dada la trascendencia de estos estudios tanto para comprender el comportamiento de gases como para posibilitar el desarrollo de la teoría atómica de Dalton. Segundo, los estudios realizados Gay-Lussac (1809), Gay-Lussac que relacionan cantidades diferentes de volumen de gases con el peso de cada uno de ellos. Y tercero, por Amadeo Avogadro (1811), dado que supone que el número de moléculas integradoras en los gases es igual o proporcional a los volúmenes. Del mismo modo se propone una actividad permita caracterizar el comportamiento de los gases a partir de los estudios de Robert Boyle.

Los estudiantes realizan en grupo las experiencias propuestas (ver anexo 1) a las cuales se les hace seguimiento a través de la entrega de dos videos. Posteriormente cada grupo socializa los videos en clase. La estructura solicitada para realizar los videos fue:

1. La descripción de los materiales utilizados en la experiencia. Tiene como objetivo, que el estudiante relacione cada uno los instrumentos utilizados con un uso particular, pues se considera que el instrumento no es escogido de forma aleatoria, sino que cumple con un propósito dentro de la experiencia. Estas descripciones ayudan a ampliar la experiencia de la actividad experimental.
2. La descripción del fenómeno observado. Se orienta a establecer bases sólidas para posteriormente desarrollar los análisis correspondientes. Potenciar este tipo de habilidades aporta a la construcción de descripciones más elaboradas que permiten a los estudiantes profundizar en la comprensión del fenómeno.
3. El análisis de la experiencia. Busca establecer relaciones causa y efecto del fenómeno observado a partir de los instrumentos utilizados y las observaciones realizadas. Estas relaciones pueden encaminarse a buscar regularidades en el fenómeno, que permitan una mejor comprensión de este.

Fase II: Exploración de experiencias con electricidad.

Esta fase exploratoria tiene como fuente teórica los estudios realizados por Michael Faraday (1834), en cuanto a la caracterización que hace tanto de las soluciones electrolíticas, como de la naturaleza de los electrodos. Las actividades propuestas, se diseñaron para realizar análisis cualitativos de la experiencia. En cuanto a las soluciones seleccionadas se tuvo en cuenta que visualmente no interfirieran con las observaciones para evitar confusiones en la organización. Se compone de una actividad dividida en dos partes que se realizan de forma simultánea. Debido a que el laboratorio del colegio cuenta con de fuentes eléctricas, se planteó el montaje con este equipo, sin embargo, se pueden utilizar pilas de tres voltios (AA) y pilas de nueve voltios.

La propuesta pretende acercar al estudiante a la comprensión de los fenómenos eléctricos, particularmente la conductividad eléctrica en soluciones electrolíticas. A través de la experiencia puede relacionar diferentes electrolitos en solución y organizarlos de acuerdo con la actividad evidenciada. Del mismo modo, se pretenden que ordene diferentes materiales usados a modo de electrodo en términos de la actividad química evidenciada sobre diferentes electrodos. Predominan las descripciones cualitativas de la experiencia en tanto que se plantea una pregunta abierta al finalizar el cuestionario (ver anexo) después de realizar la socialización: ¿Cómo se puede medir la actividad evidenciada sobre los electrodos?

Al finalizar la actividad experimental se espera que tenga los recursos analíticos que le permitan organizar los electrodos en términos de actividad, reconocer las soluciones que son mejores conductores, y que a partir de esas observaciones seleccionar los materiales más eficientes para realizar la fase III.

Por otro lado, un aspecto que se reconoció a partir de diálogos informales con los estudiantes fue evidenciar confusiones en el manejo de las magnitudes comúnmente utilizadas en los fenómenos eléctricos y que se pueden sintetizar en la Ley de Ohm.

Fase III: Relaciones reacción química y cantidad de electricidad.

Esta fase parte de la socialización realizada al final de la fase II, particularmente las discusiones generadas a partir de la pregunta: ¿Cómo se puede medir la actividad evidenciada sobre los electrodos? Para contestar aportar a resolver la pregunta se propone una actividad experimental (Ver anexo) basada en la electrólisis utilizando el voltámetro de Hoffman.

Se hace una caracterización del voltámetro de Hoffman, entre otros aspectos se analiza la forma, las escalas que presenta, la razón de las llaves de paso y su ubicación, para qué se requiere la copa, dónde los electrodos se instalan, etc. Esta caracterización permite comprender al estudiante indagar sobre el uso del instrumento y su apropiada utilización tanto en el montaje como en la toma de medidas. Del mismo modo le permite integrar el instrumento como parte activa de la actividad experimental. Esta

caracterización surge del análisis de la publicación de Faraday, en donde él diseña sus instrumentos y explica tanto su estructura como el uso que le desea dar para obtener mediciones.

Aunque el montaje experimental no es el mismo planteado en la electrólisis por Michael Faraday (1834), la toma de mediciones si están enfocadas en las conclusiones que realiza respecto la cantidad de electricidad que descompone una cantidad de agua. La tabla propuesta en el instrumento para registrar los datos no habilita una columna para calcular la cantidad de electricidad (coulomb), esto debido a que se pretende que esta magnitud se deduzca a partir de las discusiones durante la socialización de la experiencia⁶.

Esta fase se caracteriza por tener un énfasis cuantitativo en las cualidades de una reacción química inducida por el efecto de la electricidad, para ello se enfoca en el análisis de los datos obtenidos a partir de las medición eléctricas y volumétricas, buscando una cualidad que permita encontrar relaciones entre dos magnitudes diferentes como lo son el volumen y la cantidad de electricidad.

Fase IV Relación entre equivalencia química y equivalencia eléctrica.

En la fase IV se proponen dos actividades diferentes, pero que se acercan desde magnitudes diferentes a la construcción del concepto cantidad de sustancia a partir del equivalente eléctrico desarrollado por Faraday.

La primera actividad de esta fase introduce aspectos comparativos a partir del peso de las sustancias que reaccionan por efecto de la electricidad, particularmente en los electrodos. Basados en las experiencias de electrodeposición publicadas por Faraday

⁶ A manera de analogía, se compara la cantidad de electricidad con el comportamiento de un río en términos de su caudal.

(1834), donde establece la equivalencia entre la cantidad de electricidad y el peso depositado o perdido en los electrodos. Se propone una actividad de electrodeposición de Zinc en usando como ánodo en el circuito un electrodo de cobre. La actividad se debe repetir tres veces a diferentes intervalos de tiempo, se espera que en tiempos diferentes se fijen al electrodo diferentes cantidades de Zinc, sin embargo, al comparar la cantidad de electricidad utilizada en cada experiencia, se debe observar un comportamiento proporcional, según los hallazgos de Faraday, donde concluye que el equivalente químico es igual al equivalente eléctrico.

Para la segunda actividad se propone un paralelo experimental entre dos actividades correlacionadas en cuanto a que comparten una misma cualidad a partir de la cual se sugiere un principio de relación de equivalencia para realizar el análisis. Para la primera actividad se hace reaccionar diferentes cantidades de zinc metálico (preferiblemente en polvo para aumentar la superficie de reacción) con HCl 1M., el producto de dicha reacción produce cloruro de zinc e hidrógeno gaseoso, este último se captura en un tubo invertido (T_a) en una cubeta de agua y la reacción se da por terminada cuando no se evidencia más actividad química, en otras palabras, cuando se consuma la totalidad del metal. La actividad mencionada obedece al principio planteado por Gay-Lussac que relaciona el peso de un gas con el volumen contenido y la hipótesis de Avogadro que establece que la cantidad de sustancia en los gases es igual o proporcional a su volumen. Se espera que al finalizar se entienda que el volumen final depende únicamente del reactivo límite, es decir el Zinc. Por tanto, se deduce una relación de equivalencia entre el peso de zinc inicial y la cantidad volumen de hidrógeno capturado, asumiendo que el gas se encuentra bajo condiciones de temperatura y presión constantes.

Al finalizar la primera etapa se realiza el montaje de una electrólisis, disponiendo de un tubo invertido (T_b) para la capturar únicamente el gas que se aloja en el cátodo. Este último tubo (T_b) se ubica cerca al tubo de la experiencia anterior (T_a), para comparar con facilidad. Se inicia activa el circuito de la electrólisis teniendo en cuenta determinar un tiempo inicial para la experiencia. Se mantiene activo el circuito hasta que se observe que los tubos T_a y T_b se igualen en volumen, en este momento se da por terminada la

experiencia. Se espera que se establezcan relaciones de equivalencia en el siguiente sentido:

	Peso de Zinc	Volumen de Hidrógeno (T_a) (reacción)	Volumen de Hidrógeno (T_b) (electrolisis)	Cantidad de electricidad
Peso de Zinc		Simetría	Transitiva	Transitiva
Volumen de Hidrógeno (T_a) (reacción)	Simetría		Reflexiva	Transitiva
Volumen de Hidrógeno (T_b) (electrolisis)	Transitiva	Reflexiva		Simetría
Cantidad de electricidad	Transitiva	Transitiva	Simetría	

Tabla 4. Tabla de relaciones equivalentes

Dado que Faraday establece que independientemente de las características de una sustancia, la cantidad de electricidad utilizada para descomponerla es constante para el mismo número de entidades, estas relaciones de equivalencia, se encamina a formalizar un método experimental en el aula para medir la cantidad de sustancia, usando un patrón de medida, una equivalencia independiente a las propiedades físicas propias de una sustancia, y sin acudir a la tabla de pesos atómicos.

Socialización de la actividad experimental

La socialización permite trascender de lo estrictamente observable de manera individual, a una construcción de explicaciones colectiva donde se interrelacionan las diferentes formas de observar un fenómeno, con las diferentes formas de hablar de él. Por ellos para esta investigación es fundamental la socialización de cada uno de los momentos realizados durante su implementación.

Preámbulo.

Este espacio surge por la necesidad de contextualizar los estudiantes en torno a la propuesta de la investigación. Por ello se sugiere indagar algunas concepciones que tienen acerca de las magnitudes y las unidades. Para ello se toman dos fragmentos del libro historia de la química de William H. Brock. En particular se discute acerca del experimento del Sauce de Van Helmont.

Que todas las plantas derivan inmediata y sustancialmente del elemento acuático es lo que he aprendido del siguiente experimento. Tomé un vasija de barro en la cual coloqué 200 libras de tierra secada en un horno y regada con agua de lluvia. Planté allí el vástago de un sauce que pesaba cinco libras. Cinco años después se había convertido en un árbol que pesaba 169 libras y unas tres onzas. No se añadió nada más que lluvia (o agua destilada). Se colocó la gran vasija en tierra y fue cubierta con una tapadera de hierro recubierto de hojalata, que estaba perforada con varios orificios. No he pesado las hojas que cayeron en los cuatro otoños transcurridos. Finalmente, sequé la tierra en la vasija nuevamente y me encontré con las mismas 200 libras menos dos onzas. Por lo tanto, 164 libras de madera, corteza y raíces habían surgido exclusivamente del agua.

Joan-Baptista van Helmont, 1648

Ilustración 10. Texto de introducción de historia de la química (William H Brock)

Durante la lectura del primer fragmento, los estudiantes estuvieron atentos y dispuestos al diálogo. La socialización se orienta bajo la pregunta: ¿Cuáles fueron las limitaciones que tuvo Van Helmont al momento de realizar su experimento?

En la tabla se presentan algunas categorías que se elaboraron a partir de la socialización.

Categorías	Algunas limitaciones expresadas por los estudiantes
Temporales	<ul style="list-style-type: none"> - Un experimento con una duración tan larga tiene muchos errores en las medidas. - No es posible controlar todo lo que afecta el crecimiento del árbol en un tiempo tan largo.
Tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Para la época no había instrumentos precisos que permitieran mejorar las mediciones. - No midió la cantidad de agua que le agregó en los cinco años, porque no se podía medir.
Conceptuales	<ul style="list-style-type: none"> - Van Helmont desconocía que la teoría de los cuatro elementos no era cierta.
Creencias religiosas.	<ul style="list-style-type: none"> - La religión de la época hacía pensar que las cosas estaban hechas por los dioses.

Tabla 5. Categorías de la socialización de la lectura del experimento de Van Helmont.

Un hecho fundamental que inclinó esta investigación a realizar una fase exploratoria fue el resultado obtenido a partir de una actividad en clase con los estudiantes en donde se realizaron diferentes preguntas, las dos primeras: qué es magnitud y qué es unidad de medida.

Definición de magnitud.

En una población de 30 estudiantes, cerca del 23% definieron magnitud como una propiedad. Algunas de las respuestas se evidencian en la ilustración 11.

Defina magnitud:
Es una propiedad de los cuerpos que se puede medir.

Defina magnitud:
Propiedad de los cuerpos que puede ser medida, como el peso, tamaño o extensión

Defina magnitud:
Propiedad que tiene un cuerpo (matena) que se puede medir.

Ilustración 11. Definiciones de magnitud por parte de algunos estudiantes.

Por otra parte, el 77% de la población estudiantes restantes definieron magnitud de forma diferente, las definiciones se pueden agrupar en tres categorías diferentes: Relaciones vectoriales, Asociaciones con masa y peso, asociaciones difusas.

Relaciones vectoriales: De la población total de estudiantes el 26% definió magnitud realizando relaciones con vectores; esto al parecer por las temáticas desarrolladas en la clase de física.

Defina magnitud:
Valor numerico que se le asigna a un vector para definir su longitud.

Defina magnitud:
Tamaño de un vector con respecto a su dirección

Ilustración 12. Definiciones de magnitud relacionadas con vectores.

Asociaciones masa peso: De la población total de estudiantes, el 23% define magnitud estableciendo en unos casos relaciones con masa, en otros casos con masa y peso.

Defina magnitud:
Propiedad que se relaciona con tamaño y peso

Defina magnitud:
Es la relación entre tamaño y peso

Defina magnitud:
Espacio albergado por una masa en el mundo

Ilustración 13. Definiciones de magnitud relacionadas con masa y peso.

Asociaciones difusas: El 28 % de la población total de estudiantes realizó definiciones incoherentes.

Defina magnitud:
Es el valor numérico positivo de una cantidad específica

Defina magnitud:
Es lo que se puede hallar de forma numérica y estudiar experimentalmente

Ilustración 14. Definiciones de magnitud difusas.

Definición de unidad de medida.

En cuanto a las definiciones de unidad de medida elaboradas por los estudiantes se pueden clasificar en tres categorías: cantidad de una magnitud, relaciones con propiedades, definiciones difusas.

Cantidad de una magnitud: El 37% de una población de 30 estudiantes definió las unidades de medida en términos de una cantidad patrón.

Relación con propiedades: El 27% de una población de 30 estudiantes definió las unidades de medida como una propiedad, vinculando aspectos de indivisibilidad.

Definiciones difusas: El 36% de la población de 30 estudiantes definió unidades de medidas utilizando relaciones incoherentes o distanciadas del concepto.

En la tabla se presentan algunas definiciones realizadas por los estudiantes.

Categoría	Definición de unidad de medida.
Cantidad de una magnitud	Es una cantidad que se utiliza como referente para una medición.
	Es una cantidad adoptada por convenciones y bajo parámetros específicos para realizar mediciones.
	Es una cantidad que se le puede dar a una magnitud estableciendo unas características en esta a partir de la repetición de patrones.
Relación con propiedades	Es una propiedad o característica de que algo es único en un conjunto y por ello no se puede dividir.
	Propiedad que tienen las cosas de no dividirse.
	Es una propiedad que consiste en que no se puede dividir dicho elemento que la posea.

Definiciones difusas	La convención que adopta una magnitud con respecto a unos conceptos científicos.
	Es un tipo de sistema de medición ya sea de longitud o cualquier otra cosa medible.
	A nivel matemático es una cantidad mínima de algo.

Tabla 6. Algunas definiciones realizadas por los estudiantes acerca de unidades de medida

Definición de cantidad de sustancia.

Al terminar la lectura del segundo fragmento se solicitó que definieran cantidad de sustancia. Esta pregunta evidencia la base conceptual con la que parten los estudiantes antes de la implementación y por tanto es la referencia que se utiliza para medir la eficacia y éxito de la investigación.

Las definiciones obtenidas permiten organizarlas en cinco categorías.

Categorías	Algunas definiciones realizadas por los estudiantes
Cantidad molar	<ul style="list-style-type: none"> - Es la cantidad de moles encontrados en una sustancia. - Cantidad de masa molar que posee un cuerpo. - Cantidad de átomos o moles que contiene un cuerpo.
Relacionadas con densidad	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad neta de una sustancia en un determinado espacio. - Medida que determina la materia de un objeto en el espacio. - Se utiliza para relacionar la masa y el volumen de una sustancia.
Relacionas con volumen	<ul style="list-style-type: none"> - Número correspondiente a la medida de volumen que tiene una sustancia en específico. - Volumen
Relacionadas con masa	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de materia que compone algo. - Cantidad de materia que hay en un cuerpo. - Masa dada de una sustancia en mediciones de masa (kg, g, ton)

Definiciones difusas	<ul style="list-style-type: none"> - El total de algo presente en un espacio determinado. - Lo que se puede encontrar en un sistema a partir de una sustancia obtenida o analizada.
----------------------	---

De los 30 estudiante intervenidos el 20% definieron cantidad de sustancia en términos de una cantidad de partículas o introdujeron la unidad mol.

Defina Cantidad de sustancia:
cantidad de átomos o moles que contiene cada cuerpo

Defina Cantidad de sustancia:
cantidad de masa molar que posee un cuerpo

Defina Cantidad de sustancia: Es la cantidad de moles encontradas en una sustancia

Ilustración 15. Definiciones de cantidad de sustancia, categoría cantidad molar.

La mayoría de la población de estudiantes equivalente al 44% relacionan cantidad de sustancia con densidad.

Defina Cantidad de sustancia: Medida que determina la materia de un objeto en el espacio

Defina Cantidad de sustancia:
Cantidad neta de una sustancia en un determinado espacio

Defina Cantidad de sustancia: Densidad neta de alguna sustancia líquida y la manera de adaptarse al medio físico.

Ilustración 16. Definiciones de cantidad de sustancia, categoría relaciones con densidad.

El 13% de las definiciones realizadas por los estudiantes, son relacionadas con la magnitud masa.

Defina Cantidad de sustancia:
Cantidad de materia que compone algo

Defina Cantidad de sustancia: cantidad de materia que hay en un cuerpo

Defina Cantidad de sustancia: Masa dada de una sustancia, dada en mediciones de masa (kg, g, ton...)

Ilustración 17. Definiciones de cantidad de sustancia, categoría relaciones con masa.

El 10% de los estudiantes relacionan la definición de cantidad de sustancia con la magnitud volumen.

Defina Cantidad de sustancia: P. o propiedad de un cuerpo para saber su medida en un espacio determinado

Defina Cantidad de sustancia: Volumen

Defina Cantidad de sustancia: Numero correspondiente a la cantidad de volumen que tiene una sustancia en específico

Ilustración 18. Definiciones de cantidad de sustancia, categoría relaciones con volumen.

El 13% de la población realiza definiciones incoherentes o que carecen de sujeto en la oración, lo que induce dificultad para clasificarlas.

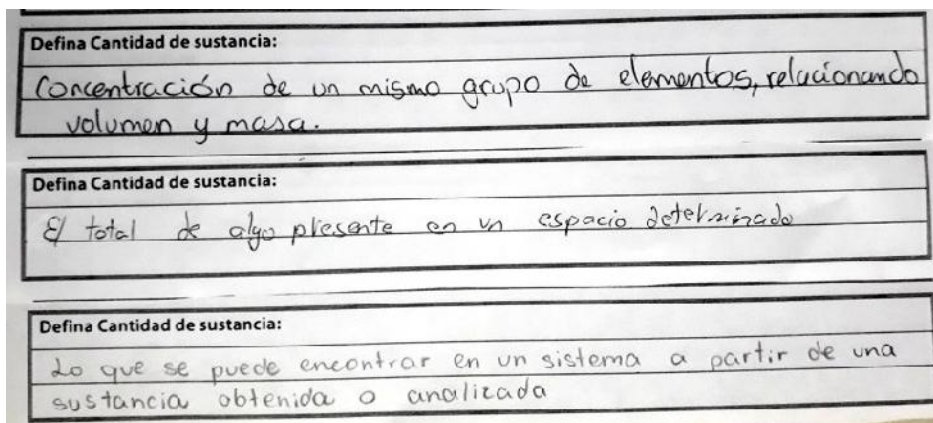


Ilustración 19. Definiciones de cantidad de sustancia, difusas.

Los resultados de esta actividad evidenciaron que una cantidad significativa de estudiantes carecen de elementos conceptuales básicos que les permitan construir explicaciones a partir de la experiencia de laboratorio. Para el caso particular de esta investigación, el desconocer los conceptos de magnitud y unidad de medida, sin lugar a duda puede afectar de forma significativa los resultados; ya que estos en realidad evidenciarían las consecuencias de una dificultad conceptual y no los efectos del desarrollo de la propuesta experimental.

Una vez evidenciadas las dificultades conceptuales se procede a realizar una sesión con el fin de unificar estas definiciones y evitar al máximo la influencia de estas dificultades en los resultados finales. Posteriormente se dio inicio a las fases propuestas.

En cuanto a la definición de cantidad de sustancia se logra evidenciar que no se encuentra unificado este concepto y que cerca de la mitad de los estudiantes relacionan la magnitud cantidad de sustancia con densidad que es una propiedad intensiva de la materia.

Fase I.

Elaboración de videos

Para la elaboración de los videos se entregaron unos criterios para tener en cuenta.

Criterio solicitado		Descripciones recogidas	Análisis de las evidencias
Descripción de los materiales (detallar el uso y función que cumple en el montaje.).	Experiencia de dilatación de gases	“La vela sirve para iluminar”. “La vela sirve para calentar el aire...” “El vaso y el plato sirven para retener fluidos”. “El vaso separa el aire caliente del aire frio...”	Las descripciones de los materiales en general fueron superficiales, detallan el uso cotidiano que tiene el objeto, pero no lo diferencian en el montaje. Hubo un grupo en particular que detalló la función de los materiales en el montaje.
	Ley de Boyle	“La jeringa sirve para hacer un sistema cerrado y separar el aire...” “La jeringa sirve para inyectar líquidos.” “El globo es un sistema cerrado dentro de otro sistema cerrado (la jeringa) ...” El globo sirve para decorar o como juguete.	
Análisis de la experiencia (Describir: qué, cómo y por qué ocurrió el fenómeno)	Experiencia de dilatación de gases	“La vela calienta el aire que está dentro del vaso y cuando se apaga comienza a subir el agua en el vaso.” “La vela sirve para calentar el aire que está alrededor y hace que disminuya la densidad” “El vaso separa el aire caliente del aire frio y cuando el aire adentro se enfría obliga al agua subir porque la presión atmosférica es mayor afuera que adentro del vaso”.	Algunas de las descripciones realizadas por los estudiantes se quedan cortas en cuanto a proporcionar elementos explicativos del fenómeno.

Ley de Boyle	<p>“La jeringa sirve para hacer un sistema cerrado y separar el aire, al aumentar el volumen de la jeringa, disminuye la densidad interna y la presión también aumenta el volumen del globo en el interior”</p> <p>“cuando se aumenta el volumen de la jeringa, también aumenta el volumen del globo en el interior”</p>	
--------------	--	--

Propuesta de montaje para captura de CO₂.


	<p>La actividad fue desarrollada como una consulta que se orienta bajo la siguiente pregunta: ¿cómo se pueden medir la cantidad de gas producido por la descomposición de una tableta efervescente?</p> <p>La experiencia fue positiva en tanto que los estudiantes se mostraron atentos al reto de elaborar un montaje que permitiera capturar el CO₂ producido a partir de la descomposición de una tableta efervescente en agua.</p> <p>Para corroborar la eficacia del montaje, cada grupo solicitó los materiales que consideró necesarios para realizarlo en el laboratorio. Durante la experiencia se evidenció a través del diálogo con los diferentes grupos de estudiantes el reconocimiento de cada uno de los elementos del montaje en cuanto a la función que cumplen. Por otra parte, es importante aclarar que se les permitió el uso de recursos como internet con una consulta previa.</p> <p>En cuanto al análisis que realizaron los estudiantes, todos concluyeron sin excepción que se evidencia una relación proporcional entre la cantidad de masa que la tableta efervescente y el volumen capturado del gas carbónico.</p>
--	--

Tabla 7. Montaje para captura de CO₂.

Fase II

Esta fase al igual que la fase I tiene un carácter exploratorio. Durante esta experiencia se espera que el estudiante explore y reconozca algunos fenómenos asociados a la conductividad eléctrica en soluciones. Para ello se diseña un instrumento que orienta una serie de actividades.

En la primera parte se solicita al estudiante realizar descripciones basadas en las observaciones del fenómeno. Estas descripciones a pesar de ocurrir bajo las mismas condiciones distan unas de las otras en algunos aspectos como cuando se forman más burbujas o con cuales soluciones se observa mayor actividad en los electrodos. Estas descripciones evidencian que un fenómeno puede ser observado de diferentes maneras y es durante la socialización donde se comparten estas diferentes formas de interpretación.



	<p>Describe la actividad en cada uno de los electrodos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cátodo (-)</th> <th>Anodo (+)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aparecen burbujas mientras se va aumentando el voltaje:</td> <td>En algunas sustancias se mastro mastro:</td> </tr> <tr> <td>Hay poca actividad en el agua</td> <td>en el agua se formaron pequeñas burbujas</td> </tr> <tr> <td>Burbujea en el H_2SO_4</td> <td>en el H_2SO_4 no hubo burbujas</td> </tr> <tr> <td>Formación de burbujas en la sin de NaOH</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Burbujea demasiado en la sin de NaCl</td> <td>en el NaOH no hubo reacción alguna</td> </tr> <tr> <td></td> <td>en el NaCl hay burbujas</td> </tr> </tbody> </table>	Cátodo (-)	Anodo (+)	Aparecen burbujas mientras se va aumentando el voltaje:	En algunas sustancias se mastro mastro:	Hay poca actividad en el agua	en el agua se formaron pequeñas burbujas	Burbujea en el H_2SO_4	en el H_2SO_4 no hubo burbujas	Formación de burbujas en la sin de NaOH		Burbujea demasiado en la sin de NaCl	en el NaOH no hubo reacción alguna		en el NaCl hay burbujas
Cátodo (-)	Anodo (+)														
Aparecen burbujas mientras se va aumentando el voltaje:	En algunas sustancias se mastro mastro:														
Hay poca actividad en el agua	en el agua se formaron pequeñas burbujas														
Burbujea en el H_2SO_4	en el H_2SO_4 no hubo burbujas														
Formación de burbujas en la sin de NaOH															
Burbujea demasiado en la sin de NaCl	en el NaOH no hubo reacción alguna														
	en el NaCl hay burbujas														
	<p>Describe la actividad en cada uno de los electrodos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cátodo (-)</th> <th>Anodo (+)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pocas burbujas se forman en: H_2O (con las puntillas con "otro") H_2O con NaCl (con el grafito y con el cobre) H_2O con NaOH (con el cobre, con la puntilla, y con "otro")</td> <td>Pocas burbujas se forman en: H_2O (con el grafito) H_2O con NaCl (con el "otro")</td> </tr> <tr> <td>Ambos (cátodo y ánodo) producen burbujas en: H_2O con NaCl (con el platino) H_2O sob (con el platino)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aumento considerable de burbujas en: H_2O con H_2SO_4 (con el grafito y el cobre.)</td> <td>Grafito en H_2O con H_2SO_4: Se forman burbujas en</td> </tr> <tr> <td>*En el grafito en H_2O con H_2SO_4, se va incrementando la cantidad de las burbujas, como su velocidad.</td> <td>pequeña cantidad, luego esta aumenta progresivamente, pero con velocidad constante.</td> </tr> </tbody> </table>	Cátodo (-)	Anodo (+)	Pocas burbujas se forman en: H_2O (con las puntillas con "otro") H_2O con NaCl (con el grafito y con el cobre) H_2O con NaOH (con el cobre, con la puntilla, y con "otro")	Pocas burbujas se forman en: H_2O (con el grafito) H_2O con NaCl (con el "otro")	Ambos (cátodo y ánodo) producen burbujas en: H_2O con NaCl (con el platino) H_2O sob (con el platino)		Aumento considerable de burbujas en: H_2O con H_2SO_4 (con el grafito y el cobre.)	Grafito en H_2O con H_2SO_4 : Se forman burbujas en	*En el grafito en H_2O con H_2SO_4 , se va incrementando la cantidad de las burbujas, como su velocidad.	pequeña cantidad, luego esta aumenta progresivamente, pero con velocidad constante.				
Cátodo (-)	Anodo (+)														
Pocas burbujas se forman en: H_2O (con las puntillas con "otro") H_2O con NaCl (con el grafito y con el cobre) H_2O con NaOH (con el cobre, con la puntilla, y con "otro")	Pocas burbujas se forman en: H_2O (con el grafito) H_2O con NaCl (con el "otro")														
Ambos (cátodo y ánodo) producen burbujas en: H_2O con NaCl (con el platino) H_2O sob (con el platino)															
Aumento considerable de burbujas en: H_2O con H_2SO_4 (con el grafito y el cobre.)	Grafito en H_2O con H_2SO_4 : Se forman burbujas en														
*En el grafito en H_2O con H_2SO_4 , se va incrementando la cantidad de las burbujas, como su velocidad.	pequeña cantidad, luego esta aumenta progresivamente, pero con velocidad constante.														

Tabla 8. Evidencias fase II

Del mismo modo se evidencia que cuando se les propone a los estudiantes establecer en una escala cualitativa la actividad en los electrodos cuando se varía el voltaje, a pesar de tener las mismas condiciones se realizan diferentes caracterizaciones.

Establezca de forma cualitativa la actividad en los electrodos según los cambios de voltaje. Rellene tantas casillas como considere necesario, entre más casillas con \oplus , más actividad, el \ominus evidencia ninguna actividad.

	3v	6v	9v	12v
Grafito	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Platino	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Cobre	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Puntilla	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Otro: <i>Clp</i>	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$

Establezca de forma cualitativa la actividad en los electrodos según los cambios de voltaje. Rellene tantas casillas como considere necesario, entre más casillas con \oplus , más actividad, el \ominus evidencia ninguna actividad.

	3v	6v	9v	12v
Grafito	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Platino	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Cobre	$\oplus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Puntilla	$\oplus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Otro: <i>Clp</i>	$\oplus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$

5) Establezca de forma cualitativa la actividad en los electrodos según los cambios de voltaje. Rellene tantas casillas como considere necesario, entre más casillas con \oplus , más actividad, el \ominus evidencia ninguna actividad.

	3v	6v	9v	12v
Grafito	$\oplus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Platino	$\oplus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Cobre	$\oplus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Puntilla	$\oplus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$
Otro: <i>Clp</i>	$\oplus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$	$\ominus \oplus \oplus \oplus \oplus$

Tabla 9. Descripciones de cualidades de los electrodos en la fase II.

Se puede concluir que todos los estudiantes coinciden en que el comportamiento de la actividad en los electrodos es de carácter creciente en la medida que aumenta el voltaje, sin embargo, las cualidades que expresan varían de unos a otros.

Fase III

En esta fase se realiza la electrólisis del agua utilizando voltímetros de Hoffman para poder realizar las mediciones de volúmenes de hidrógeno y oxígeno. Se entrega un instrumento para orientar la práctica experimental y realizar el montaje. Es a partir de esta fase donde se comienzan a tomar medidas de tiempo, amperaje y volumenes de gas capturado tanto en el cátodo como en el ánodo.

Las relaciones cuantitativas que de aquí se derivan, tienen trascendencia en la construcción de la fenomenología que realizan los estudiantes. Durante la práctica se completará la información en las tablas puestas:

tienen el cronometro en ceros y preparese para tomar tiempo

Introduzca los electrodos de grafito en la solución **evitando siempre que los dos electrodos entren en contacto**. Observe la actividad en cada uno de los electrodos a los diferentes voltajes. (Describa en el espacio del cuestionario).

Tiempo (Minutos)	amperios	Volumen en el cátodo	Volumen en el ánodo
1	0.18	0	0
2	0.18	2	0
3	0.18	4	0
4	0.18	6	0
5	0.18	8.5	0

Tiempo	amperios	Volumen en el cátodo	Volumen en el ánodo
6	0.18	10.5	0
7	0.18	12.5	0
8	0.18	14.75	0
9	0.18	16.75	0
10	0.18	19	0

Introduzca los electrodos de grafito en la solución **evitando siempre que los dos electrodos entren en contacto**. Observe la actividad en cada uno de los electrodos a los diferentes voltajes. (Describa en el espacio del cuestionario).

Tiempo (Minutos)	amperios	Volumen en el cátodo	Volumen en el ánodo
1	0.16	49.5	50
2	0.16	49.	50
3	0.16	48.5	50
4	0.16	44	50
5	0.16	42	49.5

Tiempo	amperios	Volumen en el cátodo	Volumen en el ánodo
6	0.16	37	49.5
7	0.16	36	49.5
8	0.16	33.5	49
9	0.16	32.5	49
10	0.16	31	49

Tabla 10. Datos registrados en la fase III.

Durante la práctica se orienta la pregunta: ¿por qué el amperaje permanece constante?, pregunta que se repite posteriormente en la socialización de los resultados.

En la socialización se introdujo el concepto de cantidad de electricidad definido como la carga transportada en un segundo por una corriente constante. En donde A es amperios, s el tiempo en segundos y C Coulomb la unidad de carga.

$$1A = \frac{1C}{s}$$

A partir de la relación de estas dos magnitudes, se propuso elaborar gráficas que relacionaran volumen con cantidad de carga. A través de estas gráficas los estudiantes percibieron que existe una relación proporcional entre la cantidad de electricidad y la cantidad de volumen del gas producido por la electrolisis.

Durante la socialización de los resultados hubo una discusión entre si se utilizaba la palabra proporcional o equivalente para referirse a la relación entre la carga calculada y el volumen medido. Después de elaborar un argumento de medida en donde se relacionaron las dos variables en diferentes puntos individuales de la gráfica que realizaron, decidieron que se debía utilizar la palabra equivalente. En otras palabras, que la equivalencia se presenta cuando se relacionan las dos variables que determinan un punto en la gráfica y que la proporcionalidad se presenta cuando se relacionan dos puntos de la gráfica diferentes entre sí.

Fase IV

Electrodeposición:

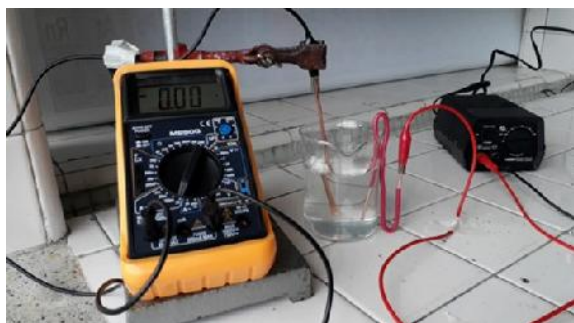


Ilustración 20. Montaje de electrodeposición.

En esta etapa se sugiere realizar tres electrodeposiciones a diferentes tiempos, cinco, diez y quince minutos respectivamente. Una vez realizadas las mediciones con los resultados de esta etapa se compararon los pesos de los electrodos antes y después de la electrólisis, permitiendo a la totalidad de los estudiantes de forma muy rápida comprobar las deducciones realizadas por Faraday en tanto que el peso que se deposita en un electrodo es igual al peso perdido en el otro electrodo.

Cobre		Metal (Mango)	
Peso inicial Cobre	8,99 g	Peso inicial	20,56 gr.
Peso inicial Metal	21,44 g	Peso final	20,62 gr.
Diferencia de potencial 3V		Amperaje	
Amperaje	1min 0,23 A	1-min	0,22
	2min 0,22 A	2-min	0,16
	3min 0,23 A	3 min	0,21
	4min 0,22 A	4 min	0,23
	5min 0,25 A	5 min	0,22
	6min 0,24 A	6 min	0,20
	7min 0,24 A	7 min	0,19
	8min 0,24 A	8 min	0,20
	9min 0,21 A	9 min	0,21
	10min 0,21 A	10 min	0,21
Peso final Cobre	8,93 g		
Peso final Metal	21,50 g		

Ilustración 21. Datos de la electrodeposición

Por otro lado, al realizar la gráfica de cantidad de corriente y peso de Zn electrodepositado, los estudiantes dedujeron fácilmente la relación proporcional entre los tres puntos graficados y que cada punto establece una equivalencia entre las variables graficadas, en este caso peso y cantidad de carga. Estas deducciones se realizaron a partir del resultado de la discusión descrita en la fase III.

Al finalizar esta etapa, la totalidad de los estudiantes plantean que en los fenómenos de electrodeposición el peso que se fija en el electrodo es equivalente a la cantidad de Coulomb utilizados.

Equivalente químico y equivalente eléctrico.

Esta etapa plantea relacionar dos experiencias. Por lo cual se propone realizar dos graficas a partir de los datos cada una de las prácticas

La primera gráfica relaciona el peso de Zn utilizado en la reacción plateada con el volumen capturado de hidrógeno. Para ello se le asigno a cada grupo de laboratorio diferentes cantidades de Zn. Los resultados finales se deben compartir para poder elaborar la gráfica.

La segunda gráfica relaciona la cantidad total de carga eléctrica utilizada para producir el mismo volumen de hidrógeno producido en la experiencia anterior. De igual forma que la anterior los resultados finales deben compartirse para elaborar la gráfica.

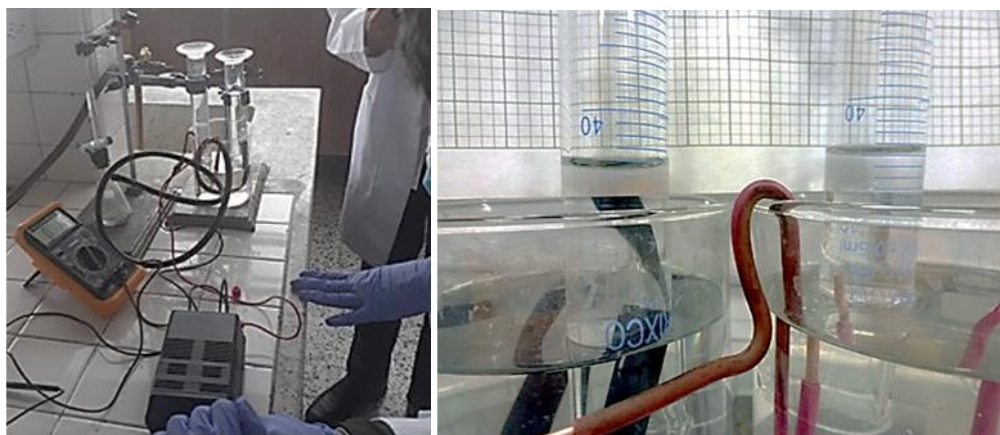


Ilustración 22. Montaje de equivalente químico y equivalente eléctrico.

Al realizar la socialización de las gráficas y relacionarlas entre sí, surgió una propuesta basada en una propiedad matemática:

Si $a=b$ y $b=c$, entonces $a=c$

Entonces si

a =peso de Zn

b = Volumen de Hidrógeno

c = Cantidad de carga eléctrica.

Teniendo en cuenta este razonamiento los estudiantes establecieron relaciones de equivalencia entre experimentos diferentes, entonces:

a y b	Presentan una equivalencia que proviene de una reacción química.
b y c	Presentan una equivalencia que proviene de una descomposición eléctrica
a y c	Presentan equivalencia que provienen de una reacción química y una descomposición eléctrica

Tabla 11. Equivalencia propuesta por los estudiantes.

Se puede inferir que, aunque los experimentos tienen un origen diferente, se pueden realizar equivalencias entre ellos.

Durante la socialización se sugiere elaborar una unidad patrón a partir de cada uno de los resultados, de tal manera que a la cantidad de carga eléctrica utilizada para capturar el volumen de hidrógeno se le asigna el valor de uno y a partir de esa unidad se debe calcular qué cantidad de esta unidad se requiere capturar cada uno de los otros volúmenes de hidrógeno. Del mismo modo se les sugiere asignarle un nombre a la unidad creada.

Para terminar, se solicita realizar una gráfica que relacione la cantidad de unidades calculadas respectivamente con el peso de Zinc utilizado.

Los estudiantes argumentaron que había una dificultad para utilizar la unidad creada, pues consideraron que la unidad estaba restringida a las reacciones que producen gases. Por lo cual se orientó la discusión hacia calcular la cantidad de Zinc que se depositó en el electrodo en términos de la unidad construida; del mismo modo se sugiere predecir cuanto Zinc se fijaría en electrodo a partir de 2,5 unidades de sustancia.

En términos generales, los estudiantes construyeron una fenomenología de cantidad de sustancia, en tanto que organizaron las experiencias de acuerdo con las observaciones e interpretaciones de los fenómenos estudiados, del mismo modo discutieron sus cualidades evidenciando diferentes formas de hablar del mismo fenómeno y construyeron explicaciones alternativas a partir de las gráficas y generalizaciones teóricas.

La implementación de las actividades permitió a los estudiantes construir una unidad de cantidad de sustancia a partir de relaciones de equivalencia, lo que puede inferir que se logró la conceptualización de esta magnitud.

CONCLUSIONES Y DISPOSICIONES FINALES

Análisis históricos

El análisis histórico de las fuentes primarias contiene una riqueza en cuanto a la posibilidad de ampliar la experiencia de un fenómeno y desentrañar los principios de los conceptos más relevantes para las ciencias en general y la química en particular. Un análisis Histórico crítico evita caer en la anécdota, propia de los recuentos históricos y permite una recontextualización de la actividad experimental propuesta por los autores, no se pretende hacer una lectura anacrónica y replicar exactamente las experiencias originales, se trata de entenderla y decodificar aquellos principios que, debido a la transcripción y traducción de textos llega invisibilizada a las aulas en general, sean ellas de educación básica, media o superior.

Las discusiones, análisis y críticas propias de la actividad científica, ponen de manifiesto la trascendencia de muchas de las bases conceptuales que se dan como ciertas o se normalizan en la actualidad, algunas de estas perspectivas predominan por encima de otras, sin tener necesariamente un rigor científico. Pues las formas discursivas también predominan e impactan la formalización de la química. En particular el concepto cantidad de sustancia y mol han surgido paralelamente a través de la historia química, a tal punto que su conceptualización causa dificultad. El realizar un análisis histórico desde las ideas filosóficas de composición de la materia en la antigüedad e indagar en visiones continuismo de la materia, permite encontrar un hilo conductor que evidencie los principios de posibilitaron cambios paradigmáticos, uno de ellos van Helmont, quien, con una paciencia desbordable realiza el seguimiento del crecimiento un árbol de sauce por cinco años utilizando las medidas de peso como principio rector de sus análisis y conclusiones, que aunque erradas en la actualidad, constituyen uno de los primeros experimentos que miden cantidad de sustancia de un material, en este caso el árbol de sauce.

Aspectos tan sencillos como este, permiten el desarrollo del concepto cantidad de sustancia y tienen una incidencia en el cambio de paradigma en la historia, de igual forma

que inciden en las formas de enseñanza del profesor de ciencias. Los cambios en las maneras de enseñar son una consecuencia lógica de los análisis históricos, pues la ampliación de la base explicativa de un fenómeno genera cambios en las formas de percibirlo (Sandoval et al, 2011).

La construcción de fenomenologías permite fortalecer la relación del profesor con el conocimiento, y a partir de esta relación se fortalece la actividad experimental. Es este recorrido lo que permitió integrar en esta investigación la concepción de equivalencia que ha sido abandonada en las explicaciones de discretización de la materia, pero que son tan recurrentes en las prácticas de aula. Y sin embargo es la estructura fundamental de la actividad de laboratorio, ante la imposibilidad real de cuantificar corpúsculos en los laboratorios en general. Un método de enseñanza tradicional usualmente aborda las medidas de cantidad de sustancia como un factor de conversión entre el peso atómico, el número atómico y el mol, establecidos como un principio sin sustento experimental.

Finalmente se considera que el análisis de todas las fuentes primarias es relevante para la formular de la propuesta experimental del proyecto, que fue pensada para acercar al estudiante a la comprensión y uso de la magnitud cantidad de sustancia. La propuesta experimental busca explorar la curiosidad innata del estudiante a partir de la observación de fenómenos hasta finalmente llevarlo comprender el uso de un patrón de medida para medir una cantidad de sustancia, evitando el uso de una conversión matemática

Análisis Experimental

La actividad experimental enriquece la actividad educativa, especialmente las relacionadas con ciencias como la química, pues dependen de la toma de datos y registro de regularidad para analizar los fenómenos. La medida tiene un lugar preponderante, parale registro de sucesos o fenómenos, allí el uso patrones es fundamental para medir las propiedades de la materia. En la química sin embargo se ha utilizado el mol como unidad patrón para medir la cantidad de sustancia y aunque este patrón está fundamentado desde un principio físico, como lo es el número de Avogadro, es imposible utilizar el mol para medir directamente una cantidad de sustancia, por tanto, se debe utiliza una conversión

matemática que relaciona el peso atómico reportado de los elementos químicos, para simplifica el proceso. Tanto la dificultad de contar corpúsculos como la simplificación mencionada, ha convertido el medir cantidades de sustancia un aspecto fácil de realizar, pero difícil de conceptualizar.

El análisis experimental de las fuentes primarias toma relevancia en este contexto, tanto para buscar los orígenes de la medida como para reconocer los métodos que se han utilizado para realizar estas mediciones. Al realizar un análisis de los experimentos se dimensiona la importancia que ha tenido este concepto a nivel histórico y los dos paradigmas por los que ha pasado y han dejado huella en la actividad de científica, en la enseñanza y en las prácticas experimentales. Para el caso de esta investigación, el estudio de todas las fuentes primarias aportó en la propuesta experimental, pero se hizo énfasis en tres aportes fundamentales, Gay-Lussac (1809), Avogadro (1811) y Michael Faraday (1834).

Durante el análisis histórico de los experimentos, resaltó especialmente los aplicados por Michael Faraday, en cuanto a las investigaciones experimentales con electricidad. En ellas predomina una descripción de los instrumentos que utiliza, algunos de ellos los diseña para suplir una necesidad o para corregir un aspecto. Estas descripciones hicieron reflexionar la actividad experimental y se utilizó este recurso en la propuesta experimental. En la actividad experimental, el análisis a los instrumentos que se utilizan es fundamental, pues ellos están cargados de toda una significación e intencionalidad que esta unidad a la experiencia y que una vez interpretada enriquece las concepciones del fenómeno, amplía la experiencia y fortalece las explicaciones.

La actividad experimental como espacio para la construcción de explicaciones, aporta al desarrollo de habilidades científicas como la observación y el análisis, aspectos que se potencian en la propuesta experimental, en tanto que es la experiencia misma la que permite a partir de la observación construir categorías de análisis que posteriormente conllevan al experimentados a tomar decisiones desde sus propios análisis.

El desarrollo de la categoría de equivalencia permite aproximarse hacia la comprensión de un sistema de medida que permite medir la cantidad de sustancia en una reacción química con un patrón de medida. Por ende, facilita la conceptualización de la cantidad de sustancia.

La investigación favoreció la conceptualización de la magnitud cantidad de sustancia desde la construcción de fenomenologías orientadas a partir del análisis histórico crítico de fuentes primarias. Así mismo la implementación de las actividades experimentales contribuyó a la construcción de explicaciones alternativas que desarrollaron nuevas formas de hablar acerca de los fenómenos estudiados y de la magnitud cantidad de sustancia.

En cuanto a la magnitud cantidad de sustancia se deja abierta la posibilidad de profundizar en este campo de estudio, dado que la presente investigación logró algunos aportes en la construcción de fenomenologías y la conceptualización de la magnitud cantidad de sustancia desde una perspectiva equivalentista. Se puede profundizar en la construcción de la unidad mol utilizando aspectos cuantitativos que no fueron tenidos en cuenta en la investigación como el uso de la constante de Faraday para calcular la cantidad de partículas. Así mismo se pueden indagar otras opciones cambiando la perspectiva histórica a posturas atomistas.

Referencias

- Andrade Gamboa, J. J., Corso, H. L., & Gennari, F. C. (2006). Sebusca una magnitud para la unidad mol. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 229 - 236.
- Avogadro, A. (1811). D'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps , et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons. En *Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts*, volume 73 (Vol. 73, págs. 58-76).
- Balocchi, E., Modak, B., Martínez, M., Padilla, K., Reyes C, F., & Garritz, A. (Enero de 2006). Aprendizaje cooperativo del concepto "cantidad de sustancia" con base en la teoría atómica de DALton y la reacción química. *Educación química*(17), 10-28.
- Bascuñan Blaset, A. (1999). Bases históricas de materia, masa y leyes ponderables. *Journal of the mexican chemical society* , 172-182.
- Brock, W. (1998). *Historia de la química*. Madrid: Alianza Editorial S.A.
- Cisneros Molina, J. L. (10 de 01 de 2009). No es lo mismo pero es igual. *Revista Digital Universitaria [en línea]*, 10(1). Obtenido de <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num1/art03/int03.htm>
- Dalton, J. (1805). *On the absorption of gases by water and other liquids*. Manchester: Russell, Deansgate.
- Dalton, J. (1808). *A new system of chemical philosophy*. London: Russell, Deansgate.
- De Jong, O. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. *Enseñanza de las ciencias*, 16(2), 305-314.

- Faraday, M. (1834). Experimental researches in electricity. Seventh Series. En *Philosophical transactions of the royal society of london* (Vol. 124, págs. 77-122).
- Faraday, M. (1834). Experimental researches in electricity. Seventh Series. *Phylosophical Transactions of the Royal Society of London, 124, 77-122.*
- Ferreirós, J., & Ordóñez, J. (diciembre de 2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía, 34(102), 47-86.*
- Furió, C., & Padilla, K. (2003). La evolución histórica de los conceptos científicos como prerequisite para comprender su significado actual: el caso de la “cantidad de sustancia” y el “mol”. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, (17), 55-74.*
- Furió, C., Azcona, R., & Guisasola, J. (2002). Revisión de investigaciones sobre la enseñanza aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las ciencias, 20, (2), 229 - 242.*
- Furió, C., Azcona, R., & Guisasola, J. (2006). Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelos de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias, 43-58.*
- Gay-Lussac, J.-L. (1802). Sur la dilatation des gaz et des vapeurs, lues à l'Institut national, le 11 pluviôse an 10. En C. J. Boffe (Ed.), *Annales de chimie, ou, Recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent: Volumes 43 à 44.*
- Gay-Lussac, J.-L. (1809). Sur la combinaison des substances gazeuses, les unes avec les autres. En J. Bernard (Ed.), *Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil: Volume 2 (Vol. 2).* Paris.

- Hudson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12, (3), 299-313.
- Joachim, H. H. (1922). *On Generation and Corruption Aristotle*. Recuperado el 7 de mayo de 2019, de <https://ebooks.adelaide.edu.au/a/aristotle/corruption/complete.html>
- Lavoisier, A. (1789). *Traité élémentaire de chimie: présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*. (C. Cuchet, Ed.) Paris: Chez Cuchet.
- López González, R. (2009). Paracelso: una de las raíces de la química. *Visión electrónica*(3), 104-111.
- Malagón Sanchez, J. F., Ayala Manrique, M., & Sandoval Osorio, S. (2011). *El experimento en el aula comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá.
- Malagón, J., Ayala, M., & Sandoval, S. (2011). *El experimento en el aula comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes*. Bogotá: Javegraf.
- Marquardt, R., Meija, J., Mester, Z., Towns, M., Weir, R., Davis, R., & Stohner, J. (1 de enero de 2018). Definition of the mole (IUPAC Recommendation 2017). (H. Burrows, & J. Stohner, Edits.) *Pure and Applied Chemistry The Scientific Journal of IUPAC*, 90, 175. Obtenido de <https://www.degruyter.com/view/j/pac.2018.90.issue-1/pac-2017-0106/pac-2017-0106.xml>
- Marquardt, R., Meija, J., Mester, Z., Towns, M., Weir, R., Davis, R., & Stohner, J. (13 de junio de 2017). A critical review of the proposed definitions of fundamental chemical quantities and their impact on chemical communities (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry The Scientific Journal of IUPAC*, 951.

- Mora, W., & Parga, D. (2005). De las investigaciones en preconcepciones sobre mol y cantidad de sustancia, hacia el diseño curricular en química. *Revista educación y pedagogía*, vol 17(No 43), 165-175.
- Pozo, I., & Gómez, M. (1998). El aprendizaje de la química. En I. Pozo, & M. Gómez, *Aprender y Enseñar Ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico* (págs. 149 - 204). Madrid, España: Ediciones Morata.
- Rincón Reyes, L., & Rodríguez Rodríguez, C. (2014). *Construcción de la fenomenología de la interacción y la equivalencia de la actividad química de las sustancias. (Tesis de maestría)*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Ross, W. D. (1908). *Metaphysics Aristotle*. Recuperado el 8 de Mayo de 2019, de <https://ebooks.adelaide.edu.au/a/aristotle/metaphysics/complete.html#book1>
- Salgado, G., Navarrete, J., Bustos, C., Sánchez, C., & Ugarte, R. (2007). El concepto de equivalente químico y su aplicación en cálculos estequiométricos. *Educación Química*, 18(3), 222-227.
- Sandoval Osorio, S., Ayala Manrique, M. M., Malagón Sanchez, J. F., & Tarazona Vargas, L. (18 de octubre de 2006). Ponencia presentada al III Congreso Nacional de Enseñanza de la Física. *El experimento en enseñanza de las ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia*.
- Sandoval Osorio, S., Malagón Sánchez, J. F., & Ayala Manrique, M. M. (2011). El papel de la actividad experimental en la ordenación de cualidades y construcción de fenomenologías. *Revista Científica, Extra*, 155-161.
- Sandoval, S., Ayala, M., Malagón, J., & Tarazona, L. (18 de octubre de 2006). Ponencia presentada al III Congreso Nacional de Enseñanza de la Física. *El experimento en enseñanza de las ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia*.

van Helmont, J. (1707). *Johannis Baptistae van Helmont Opera omnia Volumen 1*.
(Pauli, Ed.)

Anexos



BOGOTÁ

Docente: Juan Alberto Aldana González

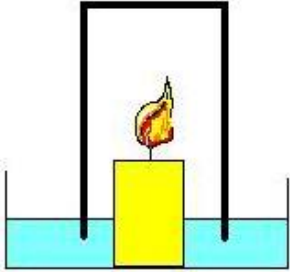
Fecha de recepción:	Desempeño procedimental: <i>Desarrolla algunas destrezas propias de la experimentación, que permiten deducir a partir de los resultados relaciones entre las variables que describen un fenómeno.</i>	Curso:
NOMBRE DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO EN ORDEN ALFABÉTICO POR APELLIDO		Proced / Concep
		Proced / Concep
		Proced / Concep
		Proced / Concep
No. laboratorio: Casero	No. De muestras: NINGUNA	No. Grupo analista:

PROCEDIMIENTO:


1. Realice un video para cada actividad, la edición debe tener una extensión máxima de 5 minutos.
 - a. Aunque la actividad se presenta en grupo, no se exige que la actividad se realice en grupo fuera de las instalaciones del colegio, por lo tanto, se recomienda dividir las actividades experimentales de forma individual, desarrollarlas en casa y posteriormente compartir las experiencias previamente para la socialización en el aula.
 - b. Se recomienda diseñar y seguir un guion que le permita utilizar el tiempo, este guion puede ser trabajado de forma colectiva.
 - c. A continuación, se presenta la rúbrica con la cual se valorará la actividad.

	(5,0 c/u)	
Portada de presentación con los datos del colegio, el curso y TODOS los integrantes del grupo.		
Descripción de los materiales (detallar el uso y función que cumple en el montaje).		
Realización de la práctica experimental (se recomienda que la cámara fija).		
Descripción de la práctica, Puede presentarse editando el video de en el transcurso en trascurso de la experiencia o al final de la práctica.		
Análisis de la experiencia (Describir: qué, cómo y por qué ocurrió el fenómeno)		
Dar un ejemplo que pueda relacionar con la cotidianidad.		
Presentación de grupo		
Participación en la socialización.		

2. Actividad 1.

Materiales	Procedimiento.	
Plato pando.	1) En un plato llano vaciar agua hasta el borde.	
Vaso de vidrio.	2) Colocar una vela en el centro del plato, evitando mojar el pabilo.	
Agua.	3) Encender el pabilo	
Vela (máximo 50% de longitud con respecto al vaso.	4) Cubrir la vela con el vaso invertido hasta poner el vaso sobre el plato.	

3. Actividad 2.

Materiales	Procedimiento.	
Jeringa de 50/60 mL	1) Inflar el globo extrapequeño hasta un tamaño que permita introducirla en el interior de la jeringa.	
Globo extrapequeño.	2) Introducir el globo en la jeringa y llevar el émbolo hasta la mitad.	
Silicona caliente.	3) Sellar la punta de la jeringa con silicona y dejar enfriar.	
	4) Empuje el émbolo y jálelo.	



BOGOTÁ

LABORATORIO QUÍMICA

Docente: **Juan Alberto Aldana González**

Fecha de recepción:	Desempeño procedimental: <i>Desarrolla algunas destrezas propias de la experimentación, que permiten deducir a partir de los resultados relaciones entre las variables que describen un fenómeno.</i>	Curso:
NOMBRE DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO EN ORDEN ALFABÉTICO POR APELLIDO		Proced / Concep
		Proced / Concep
		Proced / Concep
		Proced / Concep
No. laboratorio:	No. De muestras:	No. Grupo analista:
OBJETIVO:	<i>Identificar a través de una experiencia las cualidades de la electrólisis aplicada a soluciones y agua.</i>	
INSTRUMENTOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Vaso de precipitado 1250 ml (1) – Erlenmeyer 125 ml (1), Pipetas Pasteur (3), Electrodo de grafito (2), Electrodo de platino (2), Electrodo de cobre (2).</i>	
EQUIPOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Fuente eléctrica (1), cables con caimanes(1).</i>	
REACTIVOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Soluciones de: Ácido Sulfúrico, hidróxido de sodio, cloruro de sodio.</i>	
MÉTODO(S):	<ul style="list-style-type: none"> <u>CUALITATIVO</u> 	

PROCEDIMIENTO:

1. Realice el montaje tal y como se muestra en la imagen.
2. En cuatro vasos de precipitado mida 100 ml de agua, posteriormente y adicione 2 ml de cada una de las soluciones preparadas (H_2SO_4 , NaOH, NaCl) y márkuelos para evitar confusión.

Vaso 1 H_2O	Vaso 2 H_2O con H_2SO_4	Vaso 3 H_2O con NaOH	Vaso 4 H_2O con NaCl
------------------	--------------------------------	---------------------------	---------------------------

3. Introduzca los electrodos de grafito en la solución evitando siempre que los dos electrodos entren en contacto entre sí. Encienda la fuente a un voltaje inicial de 3v y posteriormente aumente el voltaje a 6v, 9v y 12 v respectivamente. Observe la actividad en cada uno de los electrodos a los diferentes voltajes. (Describa en el espacio del cuestionario).
4. Cambie el par de electrodos teniendo en cuenta la tabla, repita los pasos del procedimiento 2 y 3 y describa cualitativamente la actividad en cada uno de los electrodos.

Grafito	Platino	Cobre	Puntilla	Otro:
---------	---------	-------	----------	-------

5. Teniendo en cuenta la experiencia resuelva los cuestionamientos en el reporte de resultados.

5) Establezca de forma cualitativa la actividad en los electrodos en cada una de las soluciones. Rellene tantas casillas como considere necesario, entre más casillas con ⊕, más actividad, el ⊖ evidencia ninguna actividad.

	H ₂ O	H ₂ O con H ₂ SO ₄	H ₂ O con NaOH	H ₂ O con NaCl
Grafito	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
Platino	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
Cobre	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
Puntilla	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
Otro:	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕

6) Establezca de forma cualitativa la actividad en los electrodos según los cambios de voltaje. Rellene tantas casillas como considere necesario, entre más casillas con ⊕, más actividad, el ⊖ evidencia ninguna actividad.

	3v	6v	9v	12v
Grafito	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
Platino	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
Cobre	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
Puntilla	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕
Otro:	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕	⊖ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕

7) Teniendo en cuenta la tabla anterior qué conclusiones puede sacar del comportamiento del voltaje con respecto a la actividad observada en los electrodos.

8) Elabore un listado en orden de mayor actividad al de menor actividad observada.

1)	2)	3)	4)	5)
----	----	----	----	----

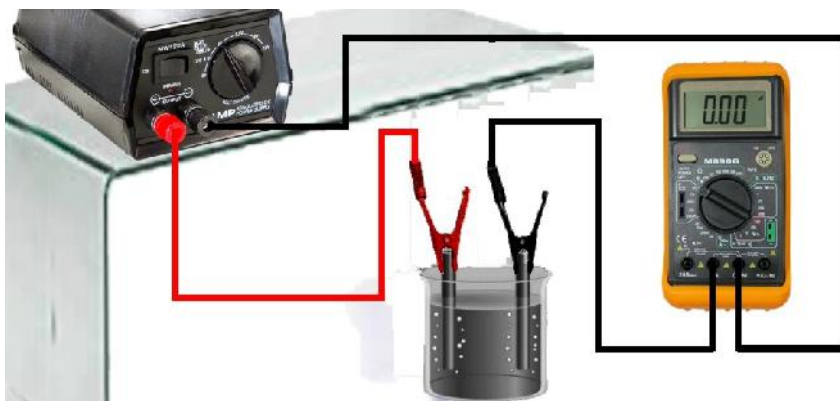
9) Pregunta abierta después de socialización: _____

i

LABORATORIO QUIMICA		
Docente: Juan Alberto Aldana González		
Fecha de recepción:	Desempeño procedimental: <i>Desarrolla algunas destrezas propias de la experimentación, que permiten deducir a partir de los resultados relaciones entre las variables que describen un fenómeno.</i>	Curso:
NOMBRE DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO EN ORDEN ALFABÉTICO POR APELLIDO		Proced / Concep
		Proced / Concep
		Proced / Concep
		Proced / Concep
No. laboratorio:	No. De muestras:	No. Grupo analista:
OBJETIVO:	<i>Identificar a través de una experiencia las cualidades de la electrólisis aplicada a soluciones y agua.</i>	
INSTRUMENTOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Vaso de precipitado 1250 ml(1) – Erlenmeyer 125 ml (1), Pipetas Pasteur (3), Electrodo de grafito (2), Electrodo de platino (2), Electrodo de cobre (2), Multímetro (1). voltámetro de Hofman(1)</i>	
EQUIPOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Fuente eléctrica (1), cables con caimanes(3).</i>	
REACTIVOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Ácido Sulfúrico, hidróxido de sodio, cloruro de sodio.</i>	
MÉTODO(S):	<ul style="list-style-type: none"> <u>CUALITATIVO</u> 	

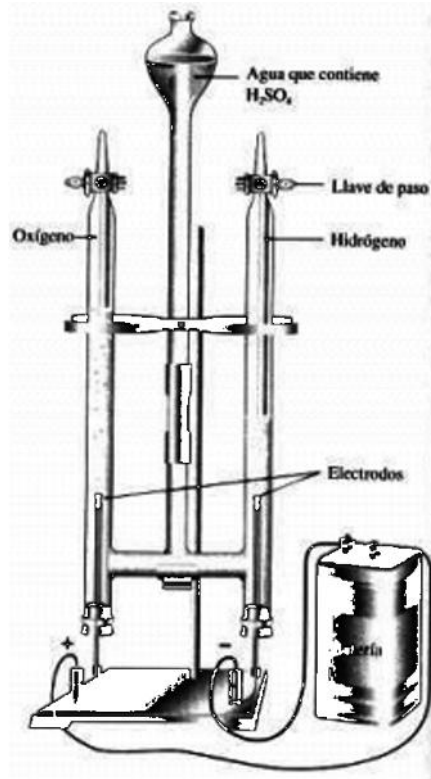
PROCEDIMIENTO 01:

- Realice el montaje tal y como se muestra en la imagen. Gire la perilla de la fuente hasta 9 voltios
- Tome los valores de Amperaje colocando a diferentes alturas los electrodos y complete la siguiente tabla. Tenga en cuenta las imágenes.



Amperaje:	Amperaje:	Amperaje:	Amperaje:

PROCEDIMIENTO 02:



1. Realice el montaje tal y como se muestra en la imagen.
2. Prepare una solución con el soluto que determinó que es más reactivo, y llene el voltámetro de Hoffman. No olvide abrir las válvulas inicialmente y cerrarlas al finalizar el llenado.
3. Utilice un voltaje de 9 voltios en la fuente para realizar la experiencia. Antes de encender la fuente verifique que tienen el cronómetro en ceros y prepárese para tomar tiempos en la tabla cada minuto.
4. Introduzca los electrodos previamente seleccionados en la solución evitando siempre que los dos electrodos entren en contacto. Observe la actividad en cada uno de los electrodos a los diferentes voltajes. (Describa en el espacio del cuestionario).

Tiempo (Minutos)	amperios	Volumen en el cátodo	Volumen en el ánodo
1			
2			
3			
4			
5			

Tiempo	amperios	Volumen en el cátodo	Volumen en el ánodo
6			
7			
8			
9			
10			



BOGOTÁ

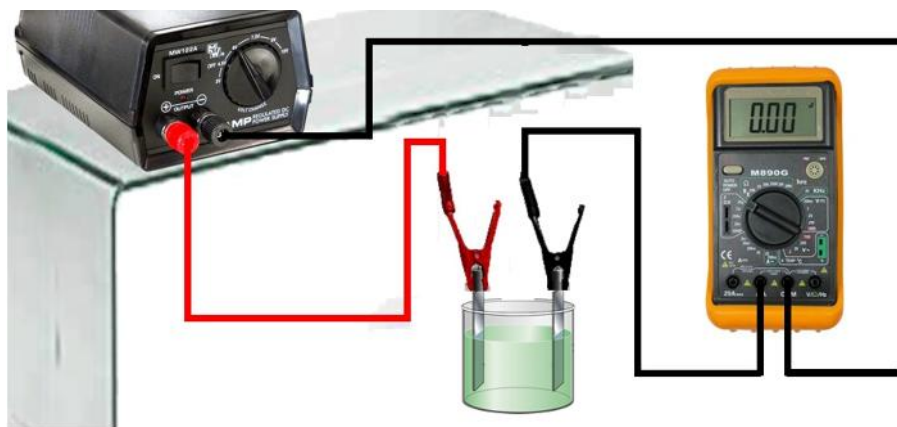
LABORATORIO QUÍMICA

Docente: **Juan Alberto Aldana González**

Fecha de recepción:	Desempeño procedimental: <i>Desarrolla algunas destrezas propias de la experimentación, que permiten deducir a partir de los resultados relaciones entre las variables que describen un fenómeno.</i>	Curso:
NOMBRE DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO EN ORDEN ALFABÉTICO POR APELLIDO		Proced / Concep
		Proced / Concep
		Proced / Concep
		Proced / Concep
No. laboratorio:	No. De muestras:	No. Grupo analista:
OBJETIVO:	Distinguir cualidades que permiten establecer una equivalencia entre la cantidad de sustancia en peso depositado en un electrodo y la cantidad de electricidad	
INSTRUMENTOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Vaso de precipitado 1250 ml(1) Pipetas Pasteur (3), Electrodo de grafito (2), Electrodo de platino (2), Electrodo de cobre (2), Clip (1), lámina de hierro (1); puntilla de hacer (1). Pinzas (1).</i>	
EQUIPOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Fuente eléctrica (1), cables con caimanes(3), Multímetro (1),.</i>	
REACTIVOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Sulfato de cobre,</i>	
MÉTODO(S):	<ul style="list-style-type: none"> <u>CUANTITATIVO</u> 	

PROCEDIMIENTO 01:

1. Realice el montaje tal y como se muestra en la imagen. Gire la perilla de la fuente hasta 3 voltios
2. Pese el electrodo que va a poner en el extremo negativo. Utilice pinzas para manipularlo.
3. Active el interruptor y comience a tomar los valores de amperaje. Cada 20 segundos durante 10 minutos.
4. Tome los valores de Amperaje colocando a diferentes alturas los electrodos y complete la siguiente tabla. Tenga en cuenta las imágenes.
5. Repita la actividad con otro electrodo.





Docente: **Juan Alberto Aldana González**

Fecha de recepción:	Desempeño procedimental: <i>Desarrolla algunas destrezas propias de la experimentación, que permiten deducir a partir de los resultados relaciones entre las variables que describen un fenómeno.</i>	Curso:
NOMBRE DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO EN ORDEN		Proced / Concep
		Proced / Concep
		Proced / Concep
No. laboratorio:	No. De muestras:	No. Grupo analista:
OBJETIVO:	Comparar las cualidades que permiten establecer la equivalencia entre la cantidad de sustancia en volumen de un gas y la cantidad de electricidad	
INSTRUMENTOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Erlenmeyer con desprendimiento lateral, trozo de maguera, tapón, anodado, embudo de decantación, probeta de 50 ml (2), Electrodo de cobre (2), de Hofman(1)</i>	
EQUIPOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Fuente eléctrica (1), cables con caimanes(3), Multímetro (1).</i>	
REACTIVOS UTILIZADOS (cantidad):	<i>Ácido Clorhídrico,</i>	
MÉTODO(S):	<ul style="list-style-type: none"> CUANTITATIVO 	

Las actividades se deben realizar en la misma cubeta

PROCEDIMIENTO 01 (montaje A)

1. Pese _____ gramos de Zn en polvo. Realice el montaje A
2. Abra la válvula y deje caer 10 mL del ácido. El procedimiento termina cuando no se registre actividad en el Erlenmeyer.

Volumen de Hidrógeno capturado (mL)	
-------------------------------------	--

PROCEDIMIENTO 01 (montaje B)

3. Realice el montaje de la electrolisis tal y como se muestra en la imagen se desea capturar Hidrógeno Por lo tanto la probeta se pone en el cátodo. Adicionalmente instale gusto al lado de la probeta para poder comparar los volúmenes.
4. Encienda el circuito y registre los valores de amperaje cada minuto. El procedimiento termina cuando el volumen en las probetas comparativamente sea igual.

