

**APROXIMACIÓN AL MODELO ATÓMICO DE DALTON DESDE UNA PERSPECTIVA  
STEM. UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA FORMACIÓN CIENTÍFICA DE  
ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA**

**HERNÁN JOSÉ RODRÍGUEZ OREJUELA**

**Tesis presentada como requisito para optar al  
título de Magister en Docencia de la Química.**

**Director: Mg. Royman Pérez Miranda**

**Codirector: Dr. Ricardo Andrés Franco Moreno**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA**

**BOGOTÁ D.C**

**2024**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia, quiero agradecer a Dios porque solo Él sabe cuántas veces le pedí la fuerza y la perseverancia necesaria para culminar todo este proceso.

En segunda instancia quiero agradecerles a mis padres, hermanos, a Karen y a mis gordos (Noah y Matt) por el acompañamiento durante estos años, ya que sin su apoyo no habría podido llegar hasta este momento.

En tercera instancia al Profe Royman Pérez Miranda, quien siempre tuvo paciencia y palabras de aliento que me hicieron creer que soy capaz de vencer mis límites, aún en los momentos en que había dado todo por perdido.

En cuarta instancia, a la Institución Educativa San Sebastián, a la PROM 2023 y especialmente al grupo de los del Sur por su apoyo moral.

Finalmente, a los familiares que ya no están con nosotros, mis abuelos Jova, Roberto y Hermelinda, especialmente a la última de ellos, quien falleció hace 40 días, dejando un vacío inmenso en la vida de todos. A pesar de su ausencia, sé que se siente orgullosa del hombre en que me he convertido y de todo lo que he logrado hasta hoy.

## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| PRESENTACIÓN .....  | 1  |
| INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| 1. JUSTIFICACIÓN .....  | 3  |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....   | 5  |
| 3. OBJETIVOS .....  | 7  |
| □ General .....   | 7  |
| □ Específicos .....   | 7  |
| 4. MARCO TEORICO .....  | 8  |
| 4.1. Antecedentes .....   | 8  |
| 4.2. Marco referencial .....  | 12 |
| 4.2.1. Acerca de la formación científica .....  | 12 |
| 4.2.2. Sobre el modelo de formación STEM. El Aula STEM. ....  | 14 |
| 4.2.3. De los principios de Dalton en su modelo atómico .....   | 15 |
| 4.2.4. Didáctica de las ciencias de la naturaleza .....   | 18 |
| 5. MARCO METODOLÓGICO .....   | 22 |
| 5.1. De la investigación .....  | 22 |
| 5.2. Grupo con el que se realizó la investigación. ....   | 23 |
| 5.3. Diseño de la investigación .....   | 24 |
| 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....  | 31 |
| 6.1. De las condiciones iniciales .....   | 31 |
| 6.1.1. Del cuestionario Individual .....  | 31 |
| 6.1.2. Del cuestionario trabajado en forma grupal. ....   | 37 |
| 6.2. Aproximación al aula STEM .....  | 42 |
| 6.3. De los trabajos prácticos .....  | 46 |
| 6.3.1. De lo macroscópico: (por preguntas, por grupos de situaciones) .....                                 | 46 |
| 6.3.2. De lo microscópico y simbólico: por pregunta y por grupos de situaciones .....                       | 54 |
| 6.3.3. De la presentación grupal: infografías y videos (manejo instrumental de medición y relaciones) ..... | 63 |
| 6.4. Diario de campo: .....   | 74 |
| 6.4.1. Por actividad y por grupos .....   | 74 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 6.4.1.1. | Actividad 3: Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM sobre el modelo de Dalton (parte 1). Trabajo Macroscópico..... | 74  |
| 6.4.1.2. | De lo submicroscópico: por pregunta y por grupos de situaciones. ....   | 75  |
| 6.4.1.3. | De lo simbólico: por preguntas y por grupos de situaciones.....   | 75  |
| 6.4.1.4. | De la presentación grupal: infografías y videos (manejo instrumental de medición y relaciones).....                           | 76  |
| 6.5.     | De las condiciones de salida.....   | 78  |
| 6.5.1.   | Del cuestionario individual (anexo 20).....   | 78  |
| 6.5.2.   | Grupal .....  | 87  |
| 7.       | CONCLUSIONES.....   | 92  |
| 8.       | ANEXOS .....  | 94  |
|          | REFERENCIAS .....   | 140 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Consulta en bases de datos .....                           | 12 |
| Tabla 2. Formación de los grupos de trabajo.....                    | 27 |
| Tabla 3. Actividades de la investigación .....                      | 29 |
| Tabla 4. Distribución por grupos de las situaciones cotidianas..... | 47 |
| Tabla 5. Diario de Campo (trabajo macroscópico).....                | 75 |
| Tabla 6. Diario de Campo (Trabajo submicroscópico).....             | 75 |
| Tabla 7. Diario de campo (trabajo simbólico) .....                  | 76 |
| Tabla 8. Diario de campo (Infografías) .....                        | 78 |

## INDICE DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1. Significado de modelo.....   | 32 |
| Gráfico 2. Modelos atómicos.....  | 33 |
| Gráfico 3. Modelo propuesto por Dalton.....   | 35 |
| Gráfico 4. Factores para formular el modelo de Dalton .....                                       | 36 |
| Gráfico 5. Sobre el significado de modelo .....   | 37 |
| Gráfico 6. Acerca de los modelos atómicos .....   | 39 |
| Gráfico 7. En cuanto al modelo atómico propuesto por Dalton .....                                 | 40 |
| Gráfico 8. Factores que tuvo en cuenta Dalton.....  | 41 |
| Gráfico 9. Situación problema.....  | 47 |
| Gráfico 10. Mapas conceptuales del proceso práctico (Anexo 7) .....                               | 49 |
| Gráfico 11. ¿Qué pasaría si se ponen en contacto las sustancias?.....                             | 50 |
| Gráfico 12. Observación y comparación de las reacciones al poner en contacto las sustancias ..... | 52 |
| Gráfico 13. Elementos químicos que intervienen en la situación problema.....                      | 55 |
| Gráfico 14. Representación de las sustancias de acuerdo con el modelo de Dalton .....             | 57 |
| Gráfico 15. Organización de los átomos de los compuestos de acuerdo con el modelo de Dalton.....  | 58 |
| Gráfico 16. Fórmula del producto a partir de lo realizado por Jhon Dalton.....                    | 61 |
| Gráfico 17. ¿Por qué el modelo de Dalton era el adecuado para cada grupo? .....                   | 78 |
| Gráfico 18. Del modelo de Dalton.....   | 81 |
| Gráfico 19. Narrativa sobre lo que tuvo Dalton en cuenta para hacer su modelo .....               | 84 |
| Gráfico 20. Perspectiva STEM y modelo de Dalton .....   | 88 |
| Gráfico 21. Relación STEM y prácticas de laboratorio.....   | 89 |

## **PRESENTACIÓN**

Esta tesis recoge los resultados de una investigación sobre la formación científica de un grupo de estudiantes de educación media desarrollada en un trabajo de aula STEM (integración de las perspectivas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemática) sobre la estructuración de modelos científicos (el modelo atómico formulado por J. Dalton) como principio integrador del conocimiento de ciencia escolar, con el objeto de configurar una estrategia didáctica para esa formación. El diseño de la estrategia, las actividades llevadas a cabo y los instrumentos utilizados en su desarrollo, constituyeron la fuente de la información válida, suficiente y necesaria para un análisis tanto de la estrategia como de la propuesta didáctica y contrastar la validez de los contenidos históricos necesarios para la construcción del discurso integrador de fundamentación de la investigación. Se estudiaron críticamente las explicaciones elaboradas por los estudiantes sobre la modelación científica de los fenómenos trabajados en el aula con apoyo de herramienta tecnológica de tratamiento de datos (Atlas Ti). Los resultados de la investigación constituyen atisbos de rutas exitosas de trabajo de formación científica en el aula bajo el modelo integrador STEM. Esos resultados constituyen una propuesta para hacer objeto de investigación el trabajo de dicha formación científica con sentido y con estudiantes de educación media.

## **INTRODUCCIÓN**

La actualidad educativa del país es producto de las transformaciones obligadas por pandemia del SARS-CoV-2 (Covid-19), con las que instituciones educativas decidieron enfrentarla en distintos ambientes (presenciales, virtuales o mixtos) para los estudiantes aislados socialmente. En un informe de la UNESCO (2020), se destaca que 26 países implementaron formas de aprendizaje mediados por internet, para propiciarlo 24 establecieron estrategias a distancia en modalidades fuera de línea, incluyendo 22 países

que ofrecieron alternativas de aprendizaje a distancia en ambas modalidades. Todo esto en el ámbito mundial y con ese propósito se crearon plataformas de apoyo a la didáctica de las ciencias y así modernizar la enseñanza con múltiples opciones para trabajos prácticos de laboratorio. Esta experiencia produjo nuevas formas de entender el trabajo de aula en la formación científica de los estudiantes en una etapa crítica como lo constituye la educación media y le otorga mayor importancia al uso de los avances tecnológicos en el trabajo de aula. STEM juega un papel fundamental en ese marco y concepción de trabajo de aula de ciencias de la naturaleza.

En ese panorama, el país mostraba que, menos del 20% de las escuelas disponían de conectividad a internet (Rieble-Aubourg y Viteri, 2020), por lo que niños y jóvenes en edad escolar se quedaron con una educación con falencias durante la pandemia, limitados a trabajar con guías impresas, desertando de toda actividad escolar. El total de retirados fue de 102.880 niños, de los más de 9 millones de niños del sistema, lo que representó el 1,1%, cifras que se continuarían consolidando posteriormente, (Ministerio de Educación, 2020) debido a la misma pandemia, la carencia de recursos educativos y de servicios básicos. En el Departamento del Huila, las instituciones públicas retornaron a clases en una alternancia y luego de seis meses retomaron la presencialidad, con el uso de algunos espacios como laboratorios, auditorios, salones de clase y el aula STEM, en un esfuerzo por recuperar la gestión formativa, en especial en ciencias.

Las aulas STEM (Science, Technology, Engineer, mathematic) sigla del inglés de la relación Ciencia (S), Tecnología (T), Ingeniería (E) y Matemáticas (M)) alojan esta relación y en la formación científica de los estudiantes constituyen un apoyo para atender problemas de esta, en ella se pueden emprender acciones de solución basadas en el conocimiento (Pahnke, O'Donnell & Bascopé, 2019). En la formación científica de los estudiantes juega un papel central la formulación de modelos explicativos de los fenómenos de la naturaleza y en química, los modelos atómicos constituyen una oportunidad para desarrollar ese

pensamiento. Uno de estos modelos, hito en la historia de la construcción de la química como ciencia, es el modelo atómico de Dalton y su relación con la explicación de la composición de los materiales de la naturaleza, modelo que forma parte de los contenidos curriculares de química para el grado décimo de educación media (Anexo 2). Para la comprensión de la construcción de este modelo por parte de su autor es necesario incorporar, en su estudio, factores de carácter tecnológico (instrumentos de medición de pesos), matemático (relaciones de valores de medidas), científico (composición de las sustancias, en química) e ingenieril (proponer soluciones a problemas y operacionalidad), Teniendo en cuenta lo anterior, se diseñó y se desarrolló un trabajo investigativo para explorar la relación entre el ejercicio práctico en un aula STEM y el aprendizaje de modelos de las ciencias, para el caso del modelo de Dalton, en la enseñanza de la química con estudiantes de grado décimo de educación media.

Este modelo de aulas STEM ayuda al proceso de modelización que tiene como una de sus características iniciar con el planteamiento de una situación problema que puede ser de carácter científico o cotidiano y que se desea estructurar o formalizar (Useche y Vargas, 2019) razón por la que uno de los planteamientos clave de este trabajo de investigación es que cada estudiante pueda explorar actividades que lo hagan pensar en la manera como puede resolver una problemática, en este caso la modelización propuesta por Dalton, para explicar la composición de los materiales de la naturaleza.

## **1. JUSTIFICACIÓN**

La propuesta de esta investigación se justificó en las siguientes consideraciones:

Una formación científica en los estudiantes ha de iniciarse desde sus estudios primarios, que les permitiría aproximarse a contrastar y validar sus propias afirmaciones acerca de los temas objeto de conocimiento, por lo tanto, pueden ser de mayor interés, debido a la provocación que los concita su

percepción o idea de algún fenómeno. Esta aproximación fomentaría el pensamiento crítico y la capacidad de análisis, habilidades necesarias para interpretar la realidad desde una perspectiva científica, debido a que, la introducción de metodologías activas en la enseñanza de las ciencias desde la educación básica mejora la comprensión conceptual y la capacidad investigativa, permitiéndoles enfrentar problemas complejos con soluciones fundamentadas en el método científico (Torres et al, 2021), también ocurriría por el posicionamiento de una actitud que propicia experiencias explicativas acerca de su realidad (Ortiz y Cervantes, 2015). De esta manera se ofrece a los jóvenes poner a prueba su razón, su lógica y su conocimiento para dar una explicación sobre como el modelo atómico formulado por J. Dalton da cuenta de la formación de compuestos en las interacciones de los materiales de la naturaleza.

La didáctica de las ciencias de la naturaleza se asume como una disciplina científicamente fundamentada. Esta didáctica tiene una visión autónoma, centrada en los contenidos de las ciencias desde el punto de vista de su enseñanza y aprendizaje y nutrida por los hallazgos de otras disciplinas (Aduriz-Bravo e Izquierdo, 2002). Además, entre sus propósitos figura la investigación del fenómeno aula en la formación científica de los estudiantes, especialmente en la aproximación a las ciencias de la naturaleza de las que forma parte la química. En su contenido curricular se incluye la construcción de modelos para la explicación de los fenómenos de naturaleza desde la perspectiva de esta ciencia. Algunos de esos modelos se refieren a la estructura y composición de los materiales de la naturaleza en términos de átomos, entre ellos el formulado por J. Dalton.

Para la comprensión científica de este modelo es indispensable trabajar múltiples componentes matemáticos, tecnológicos, ingenieriles y científicos, con lo que se toma distancia de la asimilación mecánica de contenidos ya que normalmente se trata a los átomos como a objetos clásicos, de formas y posiciones bien definidas, al mismo tiempo que se tratan a los electrones como objetos cuánticos, en una

contradicción epistemológica total sobre la cual no se puede construir una teoría adecuada (Villaveces, 2001).

El aula STEM ofrece un ámbito apropiado para desarrollar propuestas didácticas que involucren los factores que se pretenden relacionar en la aproximación de los estudiantes a los modelos atómicos, para el caso, el propuesto por J. Dalton, porque en esta aula se propicia el aprendizaje de los estudiantes sobre el mundo en el que viven de forma integrada en lugar de un aprendizaje por fracciones desarticuladas de acuerdo con Dugger (como se citó en Turk, Kalayci y Yamak, 2021). La integración de estos componentes en el aula STEM, facilita la comprensión de conceptos científicos, también promueve el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas y la aplicación del conocimiento en contextos (Khalil, Al-Mahmoud, et al., 2023) permitiendo explorar la ciencia de manera activa y colaborativa, conectando la teoría con la práctica en el proceso de aprendizaje. Esta aula permite que los estudiantes pongan en juego todas sus capacidades y habilidades como un todo (teoría de complejidad) para la comprensión de los fenómenos de la naturaleza y garantice una dinámica que permita pensar, hacer y comunicar de manera coherente, según las reglas de juego de la química. (Izquierdo, 2004). La formulación de Dalton, en su tiempo, constituyó un hito en la transformación del pensamiento y formas de trabajar en ciencias de la naturaleza, que permite cimentar una formación científica que implica aceptar críticamente los cambios en los paradigmas y teorías en la estructuración y progreso del pensamiento científico.

Conocer esta relación y sus alcances como fundamento de estrategias didácticas se constituyó en un problema didáctico verdadero que amerita todos los esfuerzos investigativos que demanda.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Uno de los primeros modelos atómicos del siglo XIX fue el propuesto por J. Dalton (1800), otros fueron los de J. J. Thompson (1898), E. Rutherford (1911), N. Bohr (1913) y los cuánticos como L. De Broglie (1924), Heisenberg (1925) y Schrodinger (1926) (Gómez, 2010). En los textos escolares, los postulados de J. Dalton se muestran descontextualizados y ajenos a la investigación en química, esta simplificación en la enseñanza de la química puede limitar la comprensión de los estudiantes sobre cómo se construye el conocimiento científico y cómo evolucionan las teorías en respuesta a nuevos hallazgos (Marchesi & Custodio, 2023). Algunos se afincan en el rescate de las ideas propuestas por Demócrito y Leucipo dos mil años antes y su razón para proponer una nueva teoría atómica fue la búsqueda de una explicación a las leyes químicas deducidas empíricamente (Mondragón et al, 2010; Banal et al, 2016) o no lo consideran. Se puede afirmar que algunos autores de libros muestran de manera superficial el trabajo de años de investigación de científicos sobre los fundamentos centrales de la química como es la conformación de las sustancias, de compuestos y elementos que en este caso J. Dalton, propuso un modelo explicativo sobre cómo los elementos forman compuestos.

Uno de los temas clave para comprender la estructura de la química es lo relacionado con modelos atómicos. Al respecto los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) en Ciencias de la Naturaleza, (Ministerio de Educación, 2016) declara que estos modelos relacionan el número y distribución de e- con la propiedad atribuida a los elementos para formar compuestos, propiedad reflejada en el cuadro periódico de elementos y que se refleja en la malla curricular de la institución educativa (Anexo 2). Por otra parte, el modelo STEM no ha sido asumido como política de Estado, se ha trabajado como iniciativa de diferentes grupos de investigación y universidades (Avendaño, 2014). En esta investigación se propuso, determinar sus alcances en la formación científica química en educación media centrada en los modelos como

principios explicativos de la química en la particularidad del modelo de Dalton, como centro de discusión y desde la perspectiva STEM.

Así, con los estudiantes de décimo grado de educación media, se pretendió establecer la relación entre el aula STEM (modelo de formación en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) y el modelo atómico de Dalton en la comprensión de la naturaleza de las ciencias (química). Por lo anterior, se formuló la siguiente pregunta como eje de la investigación ¿Qué relación se puede establecer entre el modelo STEM (aula STEM) y el aprendizaje del modelo atómico de Dalton en la formación científica en química de estudiantes de educación media?

### **3. OBJETIVOS**

De acuerdo con la pregunta central de esta investigación, los objetivos propuestos fueron:

- **General**

Establecer la relación entre el modelo de formación STEM (Aula) y la aproximación al modelo atómico de Dalton en la formación científica, en química, de estudiantes de grado décimo de educación media.

- **Específicos**

- Caracterizar el aula STEM como fundamento de una estrategia didáctica para la aproximación a los modelos, artificios de las ciencias, para explicar los fenómenos de la naturaleza.

- Reconstruir histórica y epistemológicamente el modelo propuesto por J. Dalton para explicar la composición de los materiales de la naturaleza.

- Establecer la relación entre el aula STEM y la formulación de modelos científicos en las ciencias de la naturaleza (Modelo atómico de Dalton) en la formación científica de estudiantes de educación media.

## **4. MARCO TEORICO**

### **4.1. Antecedentes.**

La revisión bibliográfica realizada sobre el contenido del problema muestra un estado interesante de desarrollo en cuanto a las temáticas particulares que permiten formular el problema didáctico objeto de investigación en este trabajo, no así en el problema mismo que se formula, razones por las cuales, a continuación, se muestra de manera ascendente la perspectiva de partida en la construcción de los principios teóricos que fundamentan y dan sentido al problema formulado y la investigación desarrollada.

Acosta (2008), afirma que a principios del siglo XIX John Dalton presentó su modelo atómico que ha sido clave para entender los fenómenos de la Química y hace una búsqueda exhaustiva sobre los inicios y el desarrollo del modelo atómico, teniendo en cuenta los hechos ocurridos en la época y las experiencias que vivió Dalton para formular sus conclusiones y a dar aportes valiosos para las generaciones venideras.

El modelo STEM, sostiene Arias (2015), llegó para que las asignaturas vayan más allá de una transversalización, por esto, analizó la influencia de un módulo de STEM en la percepción de los estudiantes de décimo, mediante la aplicación a dos grupos de dos pruebas en las asignaturas de química y agroindustria; el análisis se centró en aprendizaje, evaluación, metodología, apoyo al docente e integración.

Teniendo en cuenta estos nuevos modelos de enseñanza de la química, se resalta la instrucción basada en modelado para la explicación de los modelos atómicos como lo expone Cullen (2015) porque los estudiantes incorporan la indagación para entender las representaciones a nivel molecular y atómico, mediante la predicción del comportamiento de procesos químicos y físicos utilizando datos, gráficos y otras representaciones.

El trabajo de aula basado en el modelo STEM ha sido objeto de investigación desde diferentes perspectivas, destacan Akaygun & Aslan-Tutak (2016), la fenomenografía en la exploración de las

concepciones, su evolución y de cada una de sus componentes en profesores de matemáticas y de química en formación mediante la representación creativa de los mismos de carteles por parte de grupos de dichos estudiantes, así como las formas de abordaje por parte de los docentes en el aula.

Useche & Vargas (2019), concluyen que para poder trabajar desde diferentes perspectivas se deben realizar estudios de revisión que argumenten la importancia de seguir trabajando estas nuevas temáticas, ya que a veces no se comprenden algunos conceptos científicos y matemáticos; así que se revisaron pruebas censales nacionales, internacionales e investigaciones del aula, analizadas desde la epistemología de las Ciencias y la educación STEM, teniendo en cuenta la modelización.

En las dos últimas décadas el trabajo basado en el modelo STEM ha aumentado en las bases de datos especializadas, según lo argumentan Ferrada, Díaz-Levicoy, Salgado-Orellana. & Puraivan (2019), en caso específico se tiene Scopus donde se analizaron 65 documentos que se relacionan, dando cuenta de la proliferación de investigaciones sobre temáticas y áreas además de los países y los medios donde se publican.

En esa misma dirección es conveniente conocer la visión que tienen las personas que trabajan con la metodología y el modelo STEM y por eso es por lo que, en Bogotá, Reyes (2019), se enfoca en indagar las visiones en diferentes sectores educativos y haciéndose desde un enfoque cualitativo que analiza la información obtenida desde la metodología de análisis temático buscando identificar las posibles tensiones que existen alrededor del mismo.

Otro de los enfoques de enseñanza usados para explicar los modelos atómicos ha sido el del aprendizaje significativo y para este caso Salazar et al, (2019) propusieron una secuencia didáctica que relaciona los modelos de la estructura atómica, con el método Hake que, después de un pre-test, 5 sesiones de trabajo grupal y un post-test, arrojó un promedio de 0,72 relación de ganancia conceptual alta.

Dentro de las distintas actividades de aprendizaje que se pueden plantear para los estudiantes, postula Mendoza (2020), las secuencias didácticas son muy utilizadas porque con ellas se tiene un objetivo definido hacia donde se quiere llegar y en el modelo STEAM de ese trabajo de investigación, se querían promover los ODS (objetivos de desarrollo sostenible) desde el PRAE (programa de alimentación escolar) de una institución, a partir de factores internos y externos de la recolección de residuos sólidos por 2 grupos (control y experimental) a los que le aplicaron un pre y post test, junto con una secuencia que contextualizaba la problemática.

Otra de las experiencias que surge de la evolución del modelo STEM es una llevada a cabo en Medellín, en la que se buscaba una integración curricular y a través de 201 entrevistas que se le hicieron a directivos y docentes, evidencia interés con falta de liderazgo en algunos directivos para mejorar la relación entre lo que aprende el docente y el momento de aplicarlo (Cano, Díaz & Montes, 2020)

Una perspectiva desde donde se ha investigado el modelo STEM ha sido el ABP (aprendizaje basado en proyectos). A un grupo de docentes experimentados en este modelo se les realizó entrevistas semiestructuradas y un cuestionario, con el fin de identificar los elementos esenciales en ambos modelos. Se encontró: una pregunta, trabajo colaborativo, actividades de autorregulación del aprendizaje y la interdisciplinariedad (Torras, López & Carrió, 2021).

Dentro de las visiones sobre STEM que se trabajan cuenta la de acercar toda la población hacia este tipo de modelo y por eso en Bogotá, se tomó una iniciativa de gran impacto que promueve la materialización de experiencias STEM como instrumento para desarrollar capacidades, competencias y habilidades con el fin de resolver los desafíos que enfrentan las sociedades del siglo XXI (Secretaría de Educación (2021).

Desde una perspectiva STEM, se pretende que los estudiantes se formen en el aprendizaje activo y se evalúa su efectividad en cada una de las actividades que se planean, así Ješková, et al (2022) examinaron su impacto con estudios de caso por medio de encuestas, entrevistas y observación directa a docentes y estudiantes, concluyeron que promueven el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo en equipo.

El trabajo didáctico con los modelos atómicos ha permitido que, en los últimos año, se busquen alternativas de enseñanza activa sobre temáticas submicroscópicas, complejas de entender para los estudiantes de décimo y undécimo grados de educación media, por ello, la estrategia llamada Modelado Científico Integrado con Analogía (AISM) permite generar beneficios en el aprendizaje de la estructura atómica, basándose en dos lecciones que sirvieron como prueba piloto de la integración al currículo de Taiwán (Xue y Sun, 2022).

Para seguir implementando nuevas estrategias didácticas en química, es necesario que los currículos de las instituciones del país se vayan permeando de las ideas innovadoras para que los docentes y estudiantes tengan oportunidades de más experiencias significativas como las que ofrece un currículo STEM; por eso Khalil, et al (2023) buscaron comprender como un grupo de docentes y estudiantes se preparan para enfrentar nuevos desafíos basándose en entrevistas, cuestionarios y observaciones de aula. Destacan que integrar la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas desarrolla el pensamiento creativo y la resolución de problemas.

Una búsqueda más precisa en 3 bases de datos, teniendo como ventana de revisión, máximo 10 años y con palabras clave como STEM y John Dalton; filtrada por educación, se obtuvo lo siguiente:

| Base de Datos consultada                   |                        | Scopus | Web of Science         |    | EBSCOhost              |   |
|--|------------------------|--------|------------------------|----|------------------------|---|
| <b>Número de Publicaciones encontradas</b> | Total                  | 7      | Total                  | 54 | Total                  | 5 |
|  | En los últimos 10 años | 6      | En los últimos 10 años | 2  | En los últimos 10 años | 1 |
|  | En los últimos 5 años  | 1      | En los últimos 5 años  | 38 | En los últimos 5 años  | 3 |
|  | En los últimos 2 años  | 0      | En los últimos 2 años  | 14 | En los últimos 2 años  | 1 |

Tabla 1. Consulta en bases de datos

Cabe resaltar que, aunque son pocos artículos, ninguno de ellos relaciona en su totalidad ambos conceptos, porque la mayoría son solo en enseñanza STEM y los que aparecen con Jhon Dalton hacen referencia al apellido y no al modelo; demostrando que en la actualidad no se han realizado trabajos relacionados entre STEM y el modelo atómico de Dalton, haciendo que su pertinencia sea mayor y más en un contexto como el colombiano donde los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el año 2030 apuntan hacia una educación de calidad teniendo en cuenta la meta-objetivo que dice que, de aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento (DNP, s.f.).

## 4.2. Marco referencial

El marco teórico de referencia en el que se fundamentó y le otorgó sentido a la investigación se detalla en los siguientes apartes:

### 4.2.1. Acerca de la formación científica.

Una formación científica se basa en el aprendizaje de conceptos, modelos y teorías científicos, que tiene como finalidad fundamentar el conocimiento de los fenómenos de la naturaleza para justificar las soluciones que puedan proponer y solventar los problemas sociales, sanitarios, económicos y tecnológicos

necesarios para el avance de la sociedad (Ortiz, 2021). Este aprendizaje ha de superar el aspecto externo de la palabra, o expresión (el juego en la comunicación) y aproximarse a la construcción (atribución) de nuevo significado del término o expresión trabajada.

En estudiantes de educación media se caracterizaría por el uso de los conceptos científicos que se han trabajado en el aula (ciencia escolar), que le permita identificar y elaborar respuestas admisibles a problemas por enfrentar y propios en su cotidianidad. En este proceso, los conceptos primitivos se deformen teniendo en cuenta una aplicación objetiva que los mejore de manera ordenada y sucesiva, aún en contra de las barreras de la generalización excesiva de las teorías (Bachelard, 2000a).

En cualquiera de los niveles de formación científica en el que se encuentren los estudiantes, han de leer o escuchar para explorar el fenómeno, utilizando diferentes fuentes, haciendo inferencias para establecer el fenómeno y la situación problema (Torres et al, 2013). En todas las problemáticas que tienen que ver con los fenómenos de la naturaleza se tiende a una alfabetización científica, mediante la búsqueda de respuestas que estén argumentadas, cumpliendo con una función social, en el sentido que los ciudadanos no solamente sean personas conscientes de esa información, sino que la usen para mejorar su vida y la de su entorno (Ortiz, 2021b).

En términos de trabajo en el aula de ciencias, en especial la STEM, la formación científica de los estudiantes evolucionaría, de acuerdo con Bachelard (2000b), a distintos estados, desde el concreto centrado en las primeras impresiones del fenómeno al concreto/abstracto que asocia la experiencia con esquemas simples de intuición sensible y al abstracto volitivo de sustracción de información distanciada de la experiencia básica como obstáculo epistemológico y contrastarla. El diseño del trabajo en el aula STEM permite un recorrido por estos tres estados y propicia su evolución en quienes trabajan en las actividades propuestas.

#### 4.2.2. Sobre el modelo de formación STEM. El Aula STEM.

El modelo curricular STEM tiene sus raíces en Estados Unidos y se remonta al menos al primer congreso en Filadelfia en 1774, pero se considera que el lanzamiento del satélite Sputnik de la Unión Soviética en la década de 1950 fué un punto de inflexión para la política de educación STEM (González & Kuenzi, 2012). En 1990 la National Science Foundation (NSF) acuñó el acrónimo SMET para referirse al ámbito profesional que incluye las diferentes disciplinas científico-tecnológicas (Martín, 2020).

La educación STEM en la cual se basa el aula STEM es un enfoque interdisciplinario del proceso de aprendizaje, en el que los conceptos basados en principios se integran con lecciones del mundo real, allí los estudiantes aplican los conocimientos y las habilidades en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en contextos específicos y establecen conexiones entre las escuelas, las comunidades, los lugares de trabajo y las instituciones mundiales (Huong et al, 2021).

En este sentido, se puede afirmar que el propósito del enfoque STEM es integrar áreas afines para dar una visión diferente a cada una de las problemáticas que se puedan plantear en un contexto. A diferencia de la enseñanza tradicional, el modelo STEM enfatiza la aplicación de conocimientos en situaciones reales, favoreciendo un aprendizaje significativo, permitiendo una integración donde los estudiantes comprenden la interrelación entre las disciplinas, facilitando la transferencia de conocimientos a diferentes contextos, tanto académicos como profesionales (Masaquiza et al., 2024). En ese sentido, caracterizar el aula STEM ayudaría a entender sus dinámicas y recursos para el aprendizaje de la química, explicando su articulación en una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas, la modelización y la experimentación promoviendo la formación científica a partir de un laboratorio interdisciplinar donde los estudiantes relacionan la química con nociones matemáticas, tecnológicas y de ingeniería.

Por eso se propone una formación técnico-científica de los estudiantes centrada en un hito histórico de las ciencias como lo fue la teoría atómica propuesta por J. Dalton base de una nueva filosofía química en su época. Un trabajo práctico de aula en el marco de la propuesta de Dalton, se postula aquí, propiciaría una aproximación a su comprensión de su modelo atómico y a una formación científica a estudiantes de educación media.

#### 4.2.3. De los principios de Dalton en su modelo atómico

El modelo atómico de Dalton, propuesto a principios del siglo XIX, representó un avance en la comprensión de la materia al introducir la idea de que cada elemento está compuesto por átomos idénticos en masa y propiedades, diferenciándose de los átomos de otros elementos, lo que permitió explicar fenómenos como la conservación de la masa en las reacciones químicas y las proporciones definidas en la formación de compuestos, proporcionando una base coherente para el desarrollo de la química moderna (Miranda, 2023). En sus inicios Jhon Dalton trabajó como docente particular en Manchester, por su conocimiento de las ciencias, las artes y las matemáticas y su residencia cercana a bibliotecas, que como presidente de la Royal Society, pudo realizar sus investigaciones en un laboratorio en la sede de esa institución y a su favor el construir la mayoría de los aparatos que utilizaba en sus procesos y resultando ser un hábil experimentador (Reyes, s.f.a).

A new System of Chemical Philosophy es el texto que publica Dalton entre 1808 y 1827 sin publicar la segunda parte del segundo tomo. Su propuesta fue de impacto para la época, propiciadora de la asignación de pesos relativos a los átomos y fundamento de explicativo de las leyes ponderales de las combinaciones químicas (Pellón, 2012a).

Desde el punto de vista de John Dalton, todo inicia con la constitución de los cuerpos, su trabajo con el agua, debido a que puede estar en los 3 estados de la materia, así llegó a la conclusión que las

partículas últimas de todos los cuerpos homogéneos son perfectamente iguales en peso, en otras palabras, cada partícula de agua es igual a otra partícula de agua; cada partícula de hidrógeno es igual a otra partícula de hidrógeno (Dalton, 1808a).

Los símbolos creados por Dalton tenían formas circulares, con su razón de ser en la idea de átomo, porque, esos símbolos redondeados le servían para representar las reacciones químicas de forma abreviada, cómoda y cuantitativa con un fuerte contenido teórico y un valor práctico, con inconveniente de impresión para los tipógrafos de la época (Santos y Peral, 2007a).

Según Katz (2024), los postulados enunciados por Dalton y que dan paso a la síntesis química, se pueden resumir así: a) todos los cuerpos están constituidos por átomos que se unen por fuerzas de atracción, b) son iguales entre sí y distintos a los de otros elementos; c) son indivisibles, indestructibles e increables y d) se combinan en proporciones sencillas, 1:1, 2:1, 3:2, etc.

Para la síntesis química de los compuestos, en el marco de las leyes ponderales de las proporciones definidas y múltiples, deben seguir las siguientes reglas:

- Cuando se obtenga la combinación de dos cuerpos, se debe presumir que se dará un compuesto binario, a menos que aparezca lo contrario.
- Cuando la combinación de dos cuerpos sea observada, se debe presumir que resultará uno binario y uno ternario.
- Cuando se tengan tres combinaciones, se debe esperar que una sea binaria y las otras dos ternarias.
- Cuando cuatro combinaciones sean observadas, se debe esperar una binaria, dos ternarias y una cuaternaria.

- Un compuesto binario siempre debería ser específicamente más pesado que la mera mezcla de sus dos ingredientes.
- Un compuesto ternario siempre debería ser específicamente más pesado que la mezcla de uno binario y uno simple.
- Las normas y observaciones anteriores se aplican de igual manera, cuando se combinan dos cuerpos como C y D o D y E. (Dalton, 1808b).

Y sostiene que los procesos químicos, no hay creación ni destrucción de materia, que los átomos no cambian y en conexión con las afirmaciones de Newton, los cambios químicos en la materia consistían en reagrupamientos de átomos, concepción que cambió, en los inicios del siglo XIX, la lectura sobre los fenómenos químicos, planteamiento que lo condujo a establecer la importancia de la medida de los pesos de los cuerpos para establecer los pesos relativos de los átomos y relacionar estos pesos con las reacciones, valores que conducirían a calcular los pesos relativos de combinación de los elementos conocidos para la época. Su propuesta se centró en asociar estos pesos a las de los átomos que fue acogidas y difundidas por Thomson a la comunidad científica europea y americana (Pellón, 2012b).

En este sentido, el modelo atómico de Dalton se constituye en un recurso pedagógico para trabajar con los estudiantes el pensar científicamente. El modelo propicia la comprensión del concepto sobre átomos y sus interacciones, lo que es fundamental para construir una base en la educación científica (Ješková, Nováková et al., 2022), así que, al integrar el modelo atómico de Dalton en el currículo, posibilita fomentar el interés por la formación en química, de los estudiantes al conectar conceptos con fenómenos del mundo

El efecto del modelo atómico de Dalton en la enseñanza de la química sigue vigente, ya que introduce conceptos importantes sobre la estructura de la materia que los estudiantes deben comprender antes de abordar modelos complejos, este modelo permite desarrollar habilidades de modelación en los

estudiantes, quienes aprenden a visualizar la materia a nivel microscópico y a interpretar cómo estos conceptos se reflejan en las propiedades macroscópicas observables (López, 2020), facilitando el aprendizaje progresivo, donde conceptos simples sirven como cimientos para teorías avanzadas.

No obstante, la enseñanza del modelo de Dalton debe contextualizarse dentro de la evolución histórica de la teoría atómica, destacando sus limitaciones y cómo fue superado por modelos posteriores, como el de Thomson o Rutherford. Este enfoque histórico permite a los estudiantes comprender la naturaleza provisional del conocimiento científico, donde las teorías son revisadas y mejoradas a medida que se obtienen nuevas evidencias (Cardoso & Da Silva, 2021). La comparación entre modelos también ayuda a los estudiantes a desarrollar una visión crítica sobre cómo la ciencia avanza mediante la acumulación de datos y la reformulación de hipótesis.

En este sentido, el modelo atómico de Dalton sigue siendo una herramienta pedagógica para introducir a los estudiantes en el pensamiento científico debido a que, la simplicidad del modelo facilita la comprensión inicial de los átomos y sus interacciones, lo que es importante para construir una base en la educación científica (De Sousa et al., 2020). Por lo anterior, al integrar el modelo atómico de Dalton en el currículo, los docentes pueden fomentar la curiosidad y el interés por la química, ayudando a los estudiantes a conectar conceptos con fenómenos del mundo. Además de lo descrito anteriormente, la investigación realizada por John Dalton, aportó para que se explicaran las leyes de Proust, la conservación de la materia de Lavoisier y con sus representaciones ayudó a definir un elemento químico, asociándolo a los átomos iguales en masa junto con el descubrimiento de otros elementos (López & Furió, 2021).

#### 4.2.4. Didáctica de las ciencias de la naturaleza.

La didáctica de las ciencias se conformó como un dominio específico de conocimientos, con elementos propios como: una comunidad científica, unos órganos de expresión y unas líneas de

investigación definidas (Gil, Carrascosa y Martínez, 1999). Como fundamento teórico tiene a la filosofía de las ciencias porque provee elementos que conllevan al docente a reflexionar sobre su quehacer diario (Godoy, 2018). En este sentido la didáctica de las ciencias maneja dos dimensiones como lo son la científica y la tecnológica, donde la primera de ellas trabaja con la estructura sustantiva de las ciencias y los productos de la enseñanza, mientras que la segunda construye y revisa la coherencia entre las prescripciones pragmáticas para el aula y el docente (Adúriz-Bravo, 2000). Dentro de estas dimensiones se reconoce que el fin siempre ha sido acercar la ciencia a los estudiantes y a toda la sociedad con celebraciones de semanas, olimpiadas y ferias de la ciencia o la existencia de clubs de ciencias (Santos, 2003), además de crear o tomar programas internacionales que busquen la transversalización y el mejor entendimiento de la ciencia. Las dimensiones de la didáctica de las ciencias han hecho que se puntualice cada intervención y en ese sentido, dentro de la dimensión tecnológica, juegan un papel muy importante el sistema educativo, el modelo y diseño didáctico, el proyecto piloto y las normas didácticas (Gallego y Gallego, 2006) que se trabajaban de manera aislada por parte de los docentes como actores principales de sus clases. Este campo busca el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la aplicación del método científico, adaptándose a las necesidades del alumnado, utilizando enfoques que promuevan la exploración y la indagación (Vera & Castro, 2024). Esta perspectiva permite que los estudiantes comprendan los fenómenos naturales relacionando el aprendizaje con su contexto cotidiano. Del mismo modo, fomenta la curiosidad científica, un aspecto importante para la formación de ciudadanos capaces de tomar decisiones informadas. El objetivo no es solo aprender hechos científicos, entender cómo funciona la ciencia y su efecto en la vida diaria. En este sentido, la didáctica debe equilibrar la teoría y la práctica para construir un conocimiento aplicable.

La didáctica de las ciencias va en torno a la epistemología de las ciencias como una forma de conocimiento o de los valores y las creencias inherentes al conocimiento científico y su desarrollo (Lederman, 2007). Esta naturaleza hace que se mejoren los procesos de aprendizaje científicos, a partir de su objeto de estudio que es el proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos relacionados con los sistemas y los cambios físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en el universo (Caballero & Recio, 2007).

La contextualización del conocimiento científico es otro pilar importante en la didáctica de las ciencias de la naturaleza, relacionar los contenidos con situaciones del entorno inmediato de los estudiantes facilita la comprensión y la aplicación práctica de los conceptos, incrementando la motivación del alumnado y ayudando a entender la ciencia en la vida cotidiana (Leite et al., 2020). La enseñanza contextualizada permite conectar los saberes abstractos con experiencias concretas, haciendo que el aprendizaje sea significativo, por ejemplo, el estudio del ciclo del agua o la contaminación ambiental adquiere una mayor importancia cuando se relaciona con problemas locales. Esta estrategia también promueve la alfabetización científica, al capacitar a los estudiantes para analizar y enfrentar desafíos sociales y ambientales. La ciencia deja de ser un conocimiento aislado para convertirse en una herramienta útil en la toma de decisiones.

Una de las maneras de abordar didácticamente la enseñanza de un concepto sobre la ciencia, se da mediante la modelización, que es el proceso de diseño de un constructo, con un soporte distinto a la realidad, con la finalidad de comprender el fenómeno y sus dinámicas (LINCIPH, sf); desde una perspectiva general; ya que desde el punto de vista de las Ciencias Naturales, la modelización proviene de la creación de modelos de los fenómenos que ocurren frente a las personas, teniendo en cuenta que un modelo es un sistema conceptual mapeado en el patrón físico, este se realiza de manera que el modelo solo

capture la esencia del patrón, es decir, para que represente solo las características primarias y sobresalientes del modelo (Hallun, 2007); en este sentido es importante resaltar que los modelos que los estudiantes crean de un fenómeno, dependen de la manera como perciben y comunican el mundo, desde la subjetividad y las emociones que el fenómeno les puede generar; así que en este sentido, permite a los estudiantes lograr una mayor comprensión de las temáticas trabajadas en clase, gran agilidad para la construcción y modificación de sus modelos mentales y mejorar habilidades cognitivas lingüísticas como la argumentación. (Rodríguez, Abella y García, 2021).

La evaluación en la didáctica de las ciencias de la naturaleza ha evolucionado hacia un enfoque formativo, que prioriza el seguimiento continuo del proceso de aprendizaje, calificar los resultados finales como evaluación formativa permite identificar dificultades y ajustar las estrategias pedagógicas en función de las necesidades de los estudiantes. Taborda y Henao (2022), afirman que el uso de herramientas como rúbricas, portafolios y autoevaluaciones fomenta la reflexión y la autorregulación del aprendizaje; este tipo de evaluación ayuda a mejorar el rendimiento académico y promueve una actitud crítica hacia el propio proceso de aprendizaje. Los estudiantes se convierten en agentes de su formación, capaces de identificar sus fortalezas y áreas de mejora. Al mismo tiempo, la retroalimentación constante fortalece la relación entre docente y estudiante, creando un ambiente de aprendizaje dinámico y participativo. Este enfoque integral de la evaluación contribuye a una formación científica completa y contextualizada.

## **5. MARCO METODOLÓGICO**

### **5.1. De la investigación**

Este trabajo de investigación se desarrolló desde un enfoque cualitativo, caracterizado por su naturaleza interpretativa y su capacidad para explorar fenómenos sociales desde la perspectiva de los participantes. Según Creswell (2013), la investigación cualitativa se basa en la comprensión de contextos y significados, utilizando métodos flexibles que se adaptan al entorno social en el que se generan los datos. En este sentido, el estudio se centró en cómo los estudiantes interpretan y comprenden los fenómenos científicos al participar en actividades experimentales en el aula STEM, permitiendo una exploración de sus experiencias y procesos cognitivos. Con ello se buscó entender la postura de los estudiantes al momento de realizar algunos experimentos en el aula STEM de los que emergieron hipótesis sobre las fórmulas químicas de cada una de las sustancias participantes en las reacciones involucradas.

La elección del paradigma sociocrítico en esta investigación responde a la necesidad de integrar una perspectiva reflexiva y transformadora en el proceso educativo como lo señala (Hernández et al., 2021), donde busca comprender la realidad, también cuestionarla y transformarla, promoviendo una conciencia crítica entre los participantes. En el contexto del aula STEM, este enfoque permitió analizar cómo las dinámicas de poder, el conocimiento científico y las interacciones sociales influyen en el aprendizaje de los estudiantes, fomentando una actitud crítica hacia el conocimiento y su aplicación. Este marco metodológico refleja los propósitos de la estrategia didáctica diseñada que direccionó el trabajo de aula (aula STEM) con cada uno de los grupos con los que se llevó a cabo el proyecto de investigación. Para la recolección de información, su tratamiento y análisis se hizo una aproximación a un trabajo de investigación-acción (Elliott, 1993) como un estudio de una situación social con el fin de mejorar la calidad de la acción dentro de la misma, ampliando la comprensión por parte del profesor de problemas prácticos,

dando cuenta de la relación con el paradigma sociocrítico centra la atención en su uso y en la manera como el docente y los estudiantes reflexionan sobre todo lo que sucede a su alrededor, identificar y caracterizar la situación con el fin de aportar una a una solución demandada.

### **5.2.Grupo con el que se realizó la investigación.**

El grupo con el cual se desarrolló la investigación estuvo conformado por 38 estudiantes de grado décimo del año lectivo 2022, de la asignatura química, con una intensidad de 4 horas semanales. El trabajo en el aula se organizó en 8 grupos de 4 estudiantes y 1 de 5. Este grupo estuvo conformado por 17 hombres y 21 mujeres con edades entre los 14 y 15 años de estratos socioeconómicos que están entre el 1 y 3, siendo esta la característica de la mayoría de los grupos que conforman a toda la institución educativa. Al tener en cuenta el desempeño en el colegio, este grupo ha ocupado el tercer lugar en rendimiento académico institucional durante tres de los cuatro periodos del año lectivo 2022.

En la institución se siguen varios modelos pedagógicos en los que predomina el “tradicional” de clase magistral. Se han realizado esfuerzos por parte de grupos de profesores por desarrollar otros modelos y estrategias con apoyos de carácter tecnológico para constituir al estudiante como el centro de las actividades de formación programadas como experimentos o problemas ambientales, entre otras. La diversidad de enfoques pedagógicos presentes en la institución permitió comparar las diferentes metodologías, también facilitó el análisis de cómo estas influían en la comprensión y aplicación de conceptos científicos por parte de los estudiantes. La investigación se centró en la implementación de un aula STEM, que propició el uso de herramientas tecnológicas y la realización de experimentos prácticos, promoviendo el aprendizaje y el desarrollo del pensamiento crítico.

De esta manera, el grupo de estudio representó una muestra adecuada para la investigación, por sus características demográficas y académicas, también por el entorno educativo en el que se desarrolló. La

combinación de un rendimiento académico destacado, diversidad socioeconómica y un contexto institucional en proceso de transformación pedagógica ofreció un escenario para evaluar el efecto de la estrategia didáctica diseñada. Este enfoque está alineado con la necesidad de adaptar las metodologías educativas a las características y necesidades de los estudiantes, promoviendo un aprendizaje significativo.

### **5.3. Diseño de la investigación.**

La investigación se desarrolló en cuatro fases, así:

**Primera fase:** Documentación y estructuración de una fundamentación teórica que le diera sentido y un marco de acción para contextualizar y delimitar la situación y posibilitar formular el problema objeto de investigación. Se exploraron fuentes investigativas relacionadas con la formación STEM desde su formulación como modelo curricular y sus alcances formativos en términos de las ciencias de la naturaleza y fundamentación matemático-tecnológica. En especial fuentes que exploraron la relación con la historia de los modelos atómicos en la interpretación de la química, concretamente sobre el modelo atómico de Dalton. Con ello se logró el primer objetivo específico de la investigación propuesta con la reconstrucción y construcción de una historia sobre el modelo citado y su formulación en una época en la que se produce un cambio de filosofía de la química (Pellón González, 2012), fundamentada en la modelización y cálculos matemáticos sobre los fenómenos químicos, en especial sobre la composición y transformación de las sustancias. Fundamentación que derivó hacia la formulación de principios que relacionaran lo correspondiente a la propuesta curricular STEM y la formación en ciencias de estudiantes de educación media: la lectura del fenómeno químico y la intervención que se hace para su comprensión desde una matematización, y los problemas que suscitan y se resuelven en el marco de las ciencias, las tecnologías e ingenierías.

**Segunda Fase:** Implementación (materiales, escritura, elaboración de instrumentos, de estrategia),

Identificación y caracterización del Aula STEM, posibilidades investigativas y desarrollo de la formación científica de los estudiantes de educación media, relación con el currículo y proyecto escolar de la institución en términos de ciencia escolar. Con esta información se procedió a estructurar la minuta de actividades con las que se desarrollaría la investigación. Es de precisar que, en el diseño del trabajo investigativo, los instrumentos de investigación elaborados forman parte de la estrategia didáctica pensada esta como parte central de esa práctica investigativa. Con ello se ponía en juego el principio central de la modalidad docencia investigación como un objeto de conocimiento propio del trabajo de aula, para este caso del aula STEM.

a) Diseño, estructuración y desarrollo de la estrategia didáctica.

Se siguió el modelo de inicio (condiciones de entrada) + desarrollo (unidad didáctica) + finalización (condiciones de salida). En cada una de esas etapas se aplicaron los instrumentos elaborados y se recogieron los registros con la información producida, que se fue procesando paralelamente con el desarrollo de la investigación y del trabajo de aula. El establecimiento de las condiciones de entrada de los estudiantes, referidas a sus elaboraciones respecto a modelos científicos, modelos atómicos y modelación, derivadas de sus historias académicas, fue el punto de referencia para la estructuración de la unidad temática y la correspondiente estrategia didáctica, actividad central de la investigación.

La estrategia didáctica se centró en el uso del aula STEM, se documentó y se estructuraron actividades relacionadas con: la modelación en ciencias (caja negra), obtención de productos mediante reacciones sencillas y sin riesgo para los estudiantes (obtención de óxido de hierro), construcción de instrumentos de medición de masas y relación con pesos utilizados, toma de datos y cálculos de relación de pesos, contrastación de lo realizado con la descripción de Dalton sobre sus propuestas relacionadas con

pesos relativos de combinación. Réplica con otras sustancias. Discusión entre grupos de trabajo y exposición de lo realizado por parte de los estudiantes en el aula STEM.

b) Instrumentos

Los instrumentos elaborados para la investigación se describen a continuación. Para cada uno de ellos se ideó una rúbrica base para la validación por pares (anexo 21).

- Cuestionario Individual y grupal sobre el Modelo de Dalton. En esta segunda actividad, los estudiantes contestaron un cuestionario con cuatro preguntas relacionadas con los modelos atómicos y especialmente con el modelo de Dalton (Anexo 3), para este proceso tenían 30 minutos y luego se reunían en grupo, para que en consenso pudieran escoger la que consideraran la mejor respuesta y esa la escribían en el mismo cuestionario grupal.

- “Aproximación al Aula STEM”. (Actividad grupal). En esta primera actividad introductoria, con su doble función de información sobre las condiciones de entrada y familiarización con un ambiente formativo novedoso para el grupo, el aula STEM. Se organizó una actividad, “lluvia de ideas” sobre lo que podía tratar el trabajo en esta aula. En grupos de 4 se les solicitó observar e identificar cada uno de los instrumentos y materiales que se les iban mostrando en un recorrido por el sitio y diligenciamiento de un formato (Anexo 4) para 4 de los objetos analizados: nombrarlos, describir su función y elaborar una infografía de uno de esos materiales base para una, exposición en clase. La elaboración habría de permanecer en el aula acompañando el material como guía de uso para los siguientes trabajos proyectados.

Los grupos formados, se organizaron de la siguiente manera:

| Número de grupo | Nombre del grupo |
|-----------------|------------------|
| 1               | Grupo H          |
| 2               | The Physics      |
| 3               | Las Pinkis       |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 4 | Basco Black         |
| 5 | Girls CKGL          |
| 6 | Los Radiactivos     |
| 7 | Ecosystem R.        |
| 8 | Alberto Instantáneo |
| 9 | Los Malportados     |

Tabla 2. Formación de los grupos de trabajo

Hay que resaltar que los nombres de los grupos los escogieron los propios estudiantes, basándose en sus gustos y en las iniciales de sus nombres. En el caso de los nombres de los instrumentos, algunos lo tenían y a los que no le aparecía, cada grupo debía asignarle uno de acuerdo con lo que veían o a la función que creen que cumplen. Además, las infografías están ordenadas de izquierda a derecha, dependiendo del número del grupo.

- Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM sobre el modelo de Dalton (Sesión 1: Mundo Macroscópico). En esta actividad en del aula STEM, para la primera sesión (Anexo 6) los estudiantes ya organizados en grupos de trabajo escogen a un representante que se encargará de sacar una de las 3 balotas (roja, blanca o verde) para así saber cuál sería su pregunta de investigación, basadas en situaciones cotidianas que ocurren con algunos compuestos químicos. Como había 9 grupos de trabajos, tres de ellos tenían la misma situación para que intentaran dar soluciones con materiales diferentes; antes de realizar cualquier procedimiento debían analizar la situación y como grupo responder tres preguntas orientadoras. En la segunda sesión (Anexo E) los grupos de estudiantes iniciarán llevando a la práctica el procedimiento escrito en la sesión anterior, tomando fotos, realizando vídeos y respondiendo cuatro preguntas orientadoras.

- Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM sobre el modelo de Dalton (Sesión 2: Mundo Submicroscópico y simbólico). En esta actividad los grupos debían empezar a analizar lo visto en cada una de sus actividades prácticas para responder preguntas relacionadas con los elementos

químicos que estaban presentes, del modelo de Dalton en forma gráfica y de la organización de esos elementos (Anexo 7) con el fin de ir organizando algunas conclusiones y puntos de vista.

- Presentación grupal de la situación problema. Los estudiantes presentaron sus resultados y conclusiones mediante el uso de la TICs, realizando una infografía para poder explicar todo lo hecho en las sesiones anteriores (Anexo 8).
- Cuestionario de salida y conclusiones grupales. En esta actividad final cada estudiante respondió unas preguntas para saber hasta dónde se pudo afianzar ese conocimiento sobre el modelo de Dalton, como incidieron las actividades prácticas y también como se sintieron trabajando de manera grupal (Anexo 9).

Todos los instrumentos nombrados y descritos anteriormente fueron validados mediante rubrica por pares académicos y sus recomendaciones acogidas críticamente antes de su aplicación con los estudiantes. Para esta fase se organizó el siguiente cuadro donde se relacionan el momento donde se detallaron los nombres y la cantidad de actividades de cada una de ellas:

| <b>División del Trabajo</b>                 | <b>Nombre de la Actividad</b>   |
|---|---|
| <b>Condiciones de entrada</b>               | Entrevista individual y grupal para conocer las ideas iniciales sobre el modelo de Dalton         |
|   | Aproximación al Aula STEM   |
| <b>Seguimiento: Trabajo en el Aula STEM</b> | Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM sobre el modelo de Dalton (Mundo Macroscópico). |

|                              |  |
|------------------------------|--|
|                              | Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM sobre el modelo de Dalton (Mundo Submicroscópico y simbólico). |
|                              | Presentación grupal de la situación problema   |
| <b>Condiciones de salida</b> | Cuestionario de salida y conclusiones grupales   |

Tabla 3. Actividades de la investigación

Fuente: Propia

c) Documentación complementaria e implementación de las actividades e instrumentos investigativos.

Dada la complejidad de la propuesta, se hace indispensable complementar la revisión de información documental sobre el modelo STEM y sobre su concreción en el Aula STEM, en sus componentes científico (modelos en las ciencias, el modelo atómico de Dalton), tecnológico (diseño y desarrollo de actividades en el aula que implican medición de cantidades de sustancias con instrumentos), de ingeniería (idear rutas de solución de problemas técnicos presentes en las actividades propuestas) y matemáticos (relaciones numéricas y cálculos de composición de sustancias obtenidas en trabajos de laboratorio); complementos que cobran sentido en relación con lo histórico de las actividades llevadas a cabo por el autor del modelo objeto de estudio desde la química y su transcendencia en la comprensión del uso de modelos en las ciencias para una aproximación a la explicación de los fenómenos de la naturaleza, para este caso, desde la química.

**Tercera Fase (Desarrollo de la investigación):** Las actividades llevadas a cabo durante las sesiones 1 (macroscópica) y 2 (submicroscópica y simbólica) en múltiples encuentros con los estudiantes, tanto en el aula STEM como por fuera de ella. En ese proceso dispusieron de una semana

para preparar una infografía y la posterior sustentación ante el grupo completo. Esta fase de la investigación tuvo en un período de aproximadamente de seis semanas.

**Cuarta fase (Tratamiento y análisis de la información):** Para la recolección de la información primero se adaptó el formato de consentimiento informado para proyectos de investigación de la Universidad Pedagógica Nacional a las condiciones específicas de este trabajo investigativo y luego se entregó a cada uno de los padres de familia para que lo leyeran, lo devolvieran firmado y con una respuesta, positiva de todos los convocados (Anexo 1).

En relación con los instrumentos de recolección y análisis de datos, , se inició con una encuesta a los estudiantes seleccionados para formar los grupos, luego se ejecutaron los trabajos prácticos de laboratorio en el aula STEM con la producción de documentos, imágenes y vídeos sobre cada uno de esos trabajos prácticos, la observación participativa, el respaldo audiovisual, el cuestionario y documentos como ejecución del proceso investigativo de acuerdo con Corrales (2010) que apuntó a enriquecer el trabajo formativo y al final toda la información recolectada se analizó, tabulo y procesó con la ayuda del software Atlas ti sobre lo que piensan cada uno de los estudiantes y en cada una de las etapas del trabajo aula, en este caso STEM, y los cambios en esa forma de pensamiento

Para un mejor entendimiento de todo el proceso metodológico, se tiene el anexo 22 donde se muestran cada una de las fases y subfases utilizadas en las actividades previas del aula STEM y el desarrollo de cada uno de los niveles de representación en química que se enmarcan en el enfoque STEM.

## **6. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

En el marco del diseño de la investigación, los resultados obtenidos con la aplicación de los instrumentos y su tratamiento consecuente se muestran a continuación. Para ello se sigue el orden del proceso y registros correspondientes a cada componente del diseño de la estrategia didáctica.

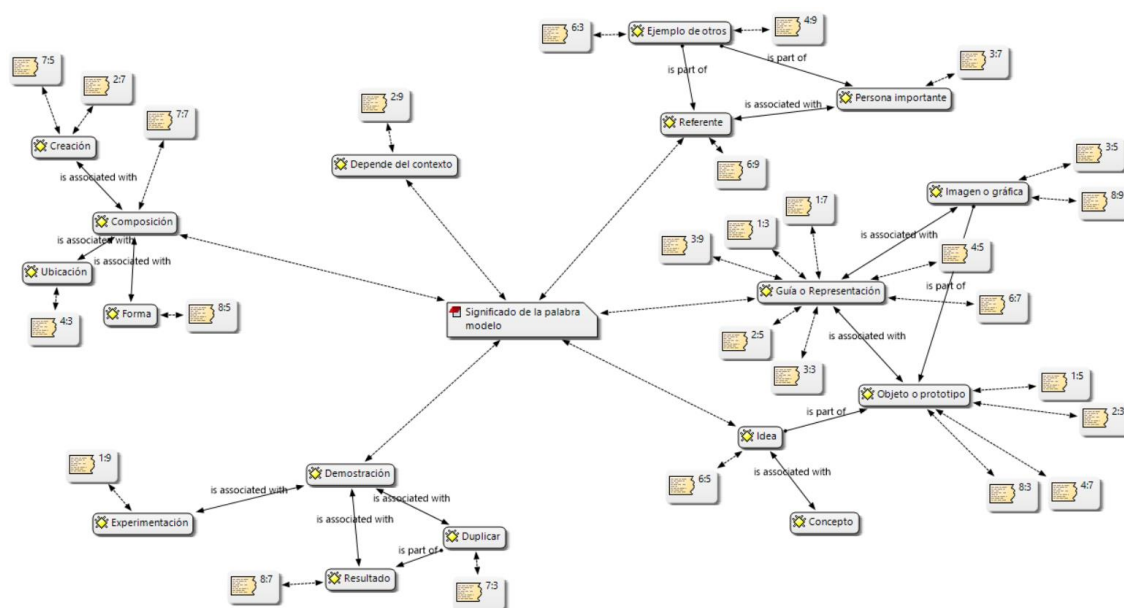
### **6.1. De las condiciones iniciales**

Para su conocimiento, se intervino tanto con los cuestionarios, de manera individual como grupal, así como con la aproximación al aula STEM. Con ello, no solo se identificarían dichas condiciones, sino que, con la actividad en grupo se adelantaría la preparación requerida para abordar lo correspondiente a lo propuesto por Dalton y propiciar experiencias de aprendizaje exitosas al respecto de su comprensión.

#### **6.1.1. Del cuestionario Individual**

Se obtuvieron 37 respuestas, de las cuales 29 se expresan en la tesis y las otras 8 se analizaron para una ponencia en el VIII Congreso Nacional en Enseñanza de las Ciencias y la Tecnología (Educyt). Sobre el primer interrogante: Desde el punto de vista de las Ciencias ¿Qué significado tiene la palabra modelo? Los resultados se muestran en el gráfico No. 1.

Gráfico 1. Significado de modelo

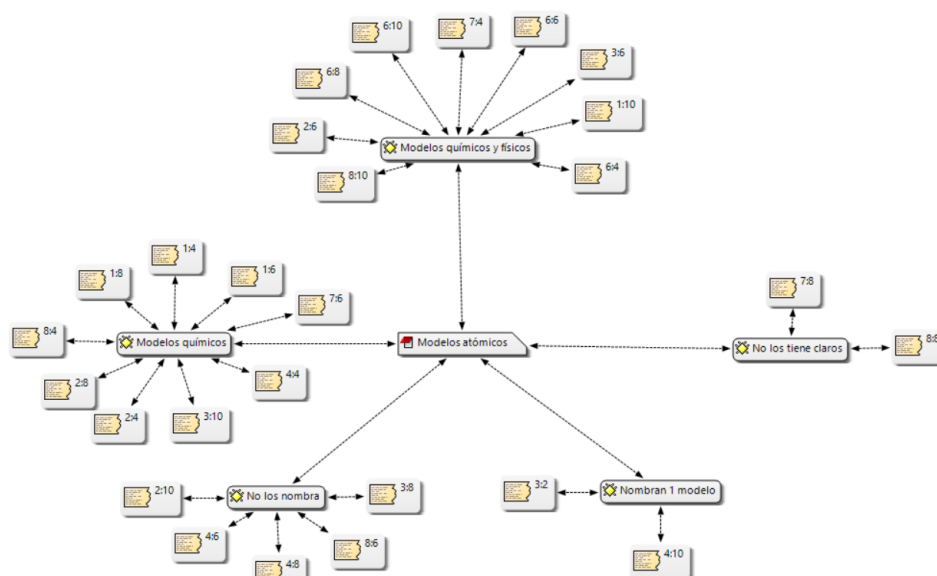


Este gráfico muestra las tendencias de significado que le atribuyen los estudiantes a “modelo”, 6 categorías y 10 subcategorías, en las que se destacan las categorías de composición, guía o representación, idea y demostración con 22 respuestas. Las categorías, depende del contexto y referente se alejan del punto de vista de la Ciencia, debido a que en sus subcategorías se refieren a ejemplo de otros y persona importante con un total de 7 respuestas. Para el caso de las primeras 4 categorías se acercan al modelo desde el punto de vista de las ciencias como la representación de un objeto, debido a que, no adquieren relevancia en los estudiantes si no se les dan oportunidades de comprobar su uso y su potencial explicativo (Romero & Quesada,2014). En este sentido se considera lo escrito por los estudiantes que se referían a gráficas, prototipos, experimentaciones, resultados y creaciones, ya que todas ellas aportan a representar un objeto desde la ciencia, pero sin usarse de manera significativa. En el caso de las 2 categorías (7 respuestas) que se alejan de la idea desde el punto de las Ciencias, dos estudiantes dicen que “se utiliza para algo o alguien que es relevante y atrae la atención y se utiliza

como ejemplo para otras personas”, dando a entender que se trata de una persona que se usa como ejemplo sin especificar si es de algo bueno o malo, pero se toma como un ejemplo para que las cosas no se hagan de esa manera o se siga el mismo conducto; así se salen del contexto de la ciencia para ir hacia lo moral, ético y las relaciones sociales e interpersonales; a este tipo de modelos se les conoce como input, denotan lo modelizado haciendo que sea una representación de algo real (Aduriz-Bravo, 2012).

Sobre el segundo interrogante: “De acuerdo con lo visto en sus años anteriores, enuncie los modelos atómicos formulados”. Los resultados se muestran en el gráfico No. 2.

Gráfico 2. Modelos atómicos

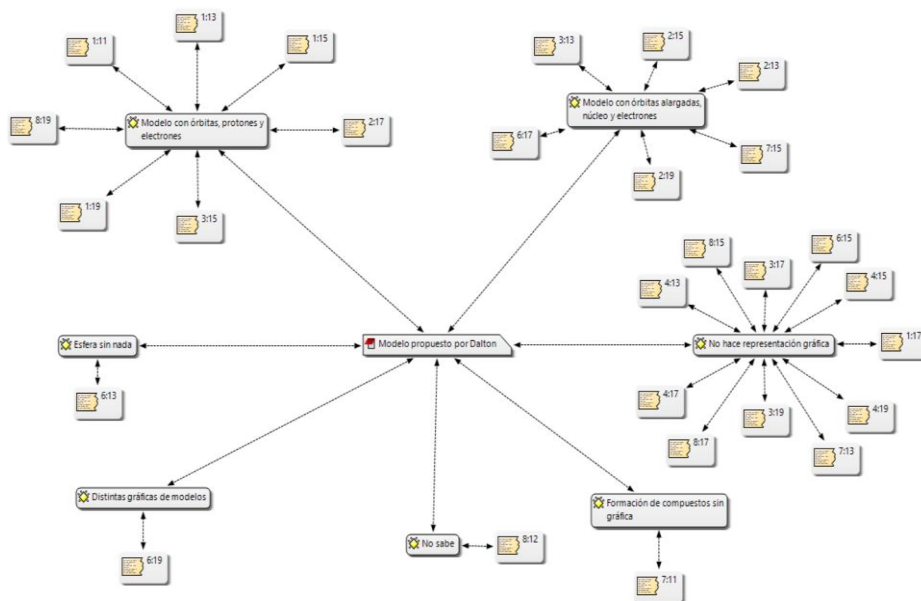


El gráfico muestra la tendencia sobre los modelos atómicos de los que los estudiantes tienen información. Cinco categorías: modelos químicos, químicos y físicos, además de los que solo nombran un modelo, cuentan con 20 respuestas; mientras que las categorías donde no los nombra o no los tiene claro cuentan con 9 respuestas. En el caso de las 2 categorías con mayor cantidad de respuesta por parte de los estudiantes, se dividieron con esos nombres, teniendo en cuenta las características dadas a esos

modelos desde las dos ramas de la ciencia, en el caso de los químicos, son aquellos que aportaron en la profundización sobre las partículas del átomo y su estructura interna, mientras que los físicos relacionan la estructura interna con las propiedades de onda y partícula (Poveda, 2010); esto cobra sentido al revisar varias respuestas y encontrar que en los modelos químicos nombraron al de Dalton, Thomson o Rutherford; mientras que los clasificados como químicos y físicos, aparte de los anteriores, agregaron los de Bohr, Sommerfield o Schrodinger. En las otras 2 categorías con menor respuesta, la mayoría de ellas (5) no los nombra y escriben “no lo tengo claro, no recuerdo” del comentario 4:6 y “son modelos atómicos de distintas representaciones gráficas de la estructura” del comentario 2:10, dando a entender que el aprendizaje en años anteriores, no fue significativo porque la enseñanza de la temática, se reduce a una naturaleza abstracta y compleja, descontextualizada de su realidad, debido a que los profesores dependen del libro de texto, realizando clases expositivas, sin introducir dinámicas diferentes (Moldes, 2021).

Sobre el tercer interrogante: ¿qué puedes afirmar al cerca del modelo atómico propuesto por Dalton? Haga una representación gráfica del modelo. Los resultados se muestran en el gráfico No. 3.

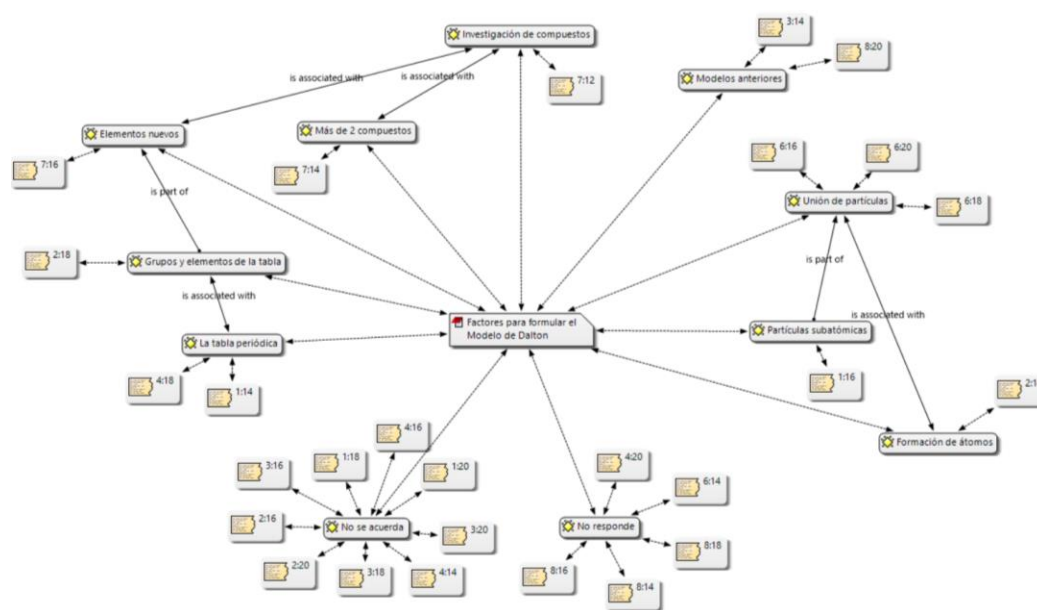
Gráfico 3. Modelo propuesto por Dalton



El gráfico muestra la tendencia sobre la percepción que tienen los estudiantes de lo hecho por Dalton, obteniéndose 7 categorías, donde ninguna se asemeja a su modelo, ya que este modelo conceptualizaba al átomo como una partícula extremadamente pequeña e indivisible (Chang, 2010); resaltando que en esta edición de su libro se explican las 4 hipótesis sobre la naturaleza de la materia, donde concluye que a partir de ellas fue que pudo reforzar su modelo. Los estudiantes confunden este modelo con otros presentados en años posteriores como el de Thomson, Rutherford e incluso el de Bohr; así que estas 13 respuestas son la consecuencia de la segunda pregunta donde la mayoría de ellos los nombra como parte de los modelos químicos; es preocupante que en 14 respuestas no se haga ningún tipo de gráfico y que solo 1 de ellos haya dibujado una esfera sin nada, haciendo alusión a lo propuesto en diversos libros como el mencionado anteriormente y que son tomados como fuente para la preparación de las clases de secundaria; por esto, un libro no puede substituir al profesor, siendo un ejemplo de que algo está cambiando en la enseñanza de la química (Izquierdo, 2004b).

Sobre el último interrogante: ¿Qué factores tuvo en cuenta Dalton para formular su modelo atómico? Los resultados se muestran en el gráfico No. 4.

Gráfico 4. Factores para formular el modelo de Dalton



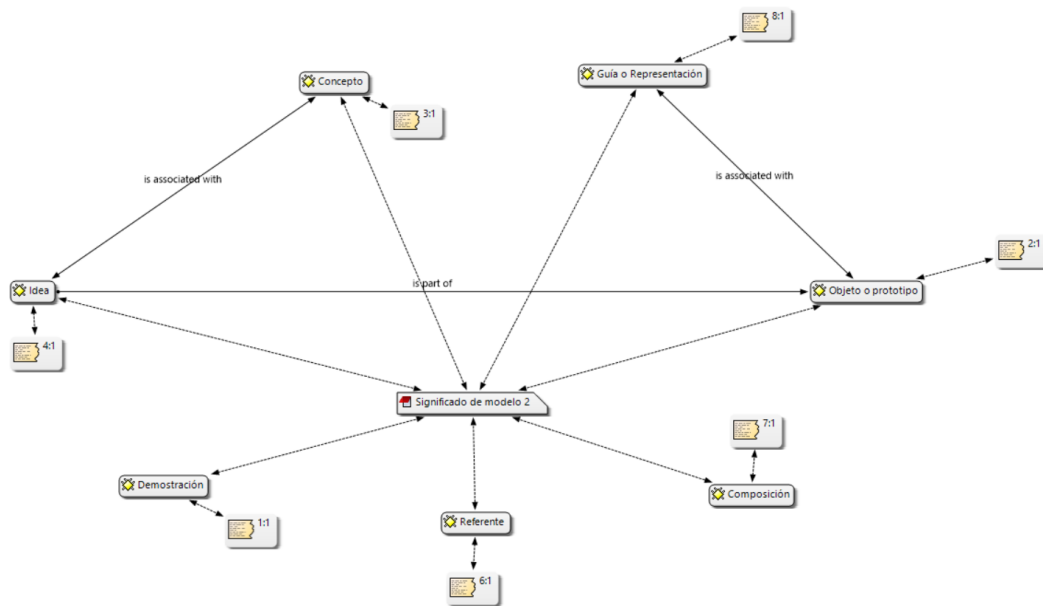
El gráfico muestra la tendencia sobre el conocimiento histórico de Dalton que lo llevó a crear su modelo, destacando que la mayoría de los estudiantes (14 respuestas) no recuerda o no responde sobre estos factores al momento de Dalton generar su modelo; aunque otros 6 identifican se basó en la tabla periódica, elementos nuevos y la investigación de compuestos que de cierta manera se asemeja a lo que quiso plantear Dalton, pero la pregunta se relacionaba con antecedentes al modelo y los nombrados anteriormente apuntan a lo investigado por él. Luego hay 5 respuestas donde se confunde con lo realizado por Thompson y Rutherford, ya que nombran la unión de partículas subatómicas; al final solo en 2 de ellos dicen que “modelos anteriores” pero no especifican cuales o de qué manera se basó en esas teorías, dejando las ideas incompletas. Lo anterior pudo ocurrir porque la idea de la química es darle sentido al mundo relacionando las teorías y lo experimental; así que, al evitar las vivencias, lo que se les enseña en clase no es racional porque resulta fuera de contexto (Izquierdo, 2004c).

Estos resultados muestran las condiciones cognitivas de los estudiantes respecto a la modelización en ciencias y en específico de la propuesta J. Dalton: confusión con otras propuestas sobre modelos atómicos, sesgados a aspectos de carácter cotidianos, y carencia de información y manejo comprensivo de las temáticas, sobre teoría atómica, en cursos anteriores. Con esta información se emprendió una acción correctiva en cuanto a la información que se inició con la conformación de los grupos y trabajo en su interior, con el cuestionario correspondiente. Un intercambio de ideas sobre el tema posibilitaría una discusión en provecho de una precisión sobre modelos en ciencias y lo relacionado con la propuesta de Dalton.

### 6.1.2. Del cuestionario trabajado en forma grupal.

Se obtuvieron un total de 7 respuestas, grupos de 4 y se analizaron en el mismo orden que las individuales. Los resultados para la primer pregunta se muestran en el siguiente gráfico.

Gráfico 5. Sobre el significado de modelo

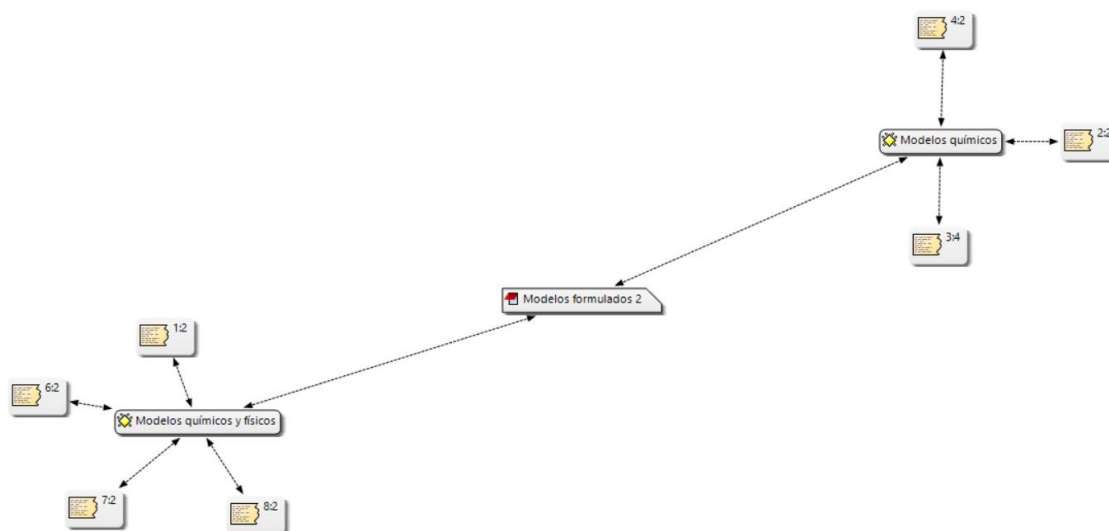


Surgieron 7 categorías similares a las obtenidas en la gráfica N° 1, detallando que son más precisas y tienen representaciones más cercanas al punto de vista de la ciencia, ya que en este caso las

categorías de idea, concepto, guía o representación, objeto o prototipo, composición y demostración van en ese sentido. Un modelo representa la relación entre un objeto, un sistema o un proceso (Chamizo, 2006). Al comparar con las respuestas individuales son más centradas o con palabras más apropiadas lo que se atribuye a la comunicación interna del grupo. Por ejemplo, para la categoría idea, en la respuestas individuales el comentario 6.5 dice “un modelo son como las formas de nombrar o de diferenciar las ideas o lo que algún científico le aportó a la ciencia y que hoy en día son de gran importancia”, mientras que en la respuesta grupal se tiene el comentario 4.1 hace referencia a que “el modelo es una manera de dar a conocer una idea o un proyecto que el científico proponga”; como se puede ver, en el primer comentario se toma como un nombre de que lleva a pensar que un modelo es un título sin profundidad, en cambio en el segundo comentario, se toma como una idea que va naciendo y que se da a conocer a otras personas, dándole un sentido de mayor complejidad. También sigue apareciendo la categoría referente, que, aunque en el análisis de la gráfica N° 1 se obtuvo que es una de las categorías que no van en el sentido de la ciencia, en el comentario grupal se describe como “la forma de nombrar o diferenciar las ideas que algún científico le aportó a la ciencia” que le dá un sentido más cercano a la ciencia, pero como un punto de partida para proponer nuevas ideas.

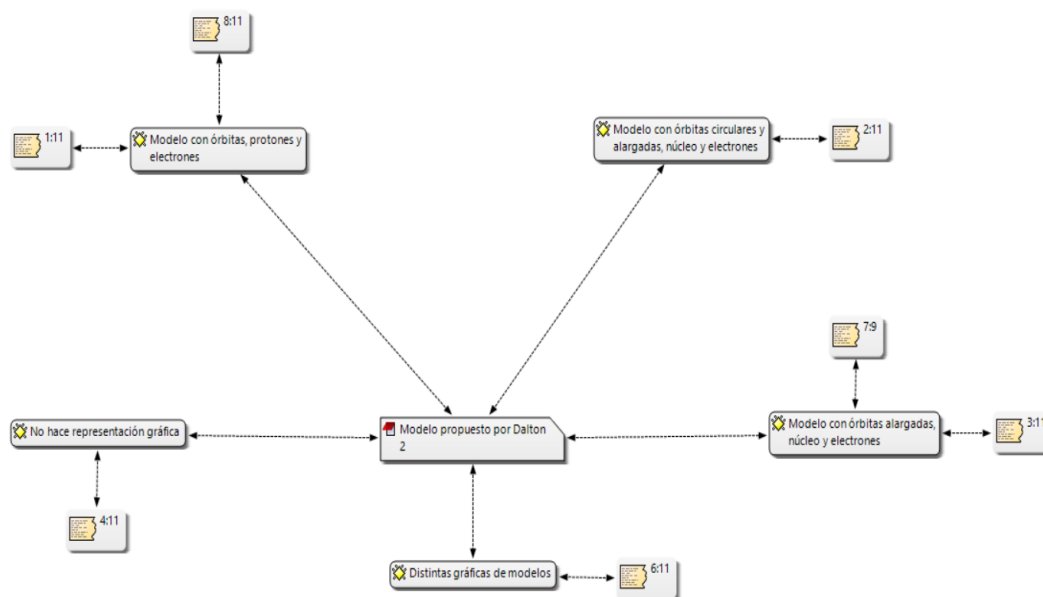
Los resultados para la segunda pregunta se muestran en el gráfico No. 6.

Gráfico 6. Acerca de los modelos atómicos



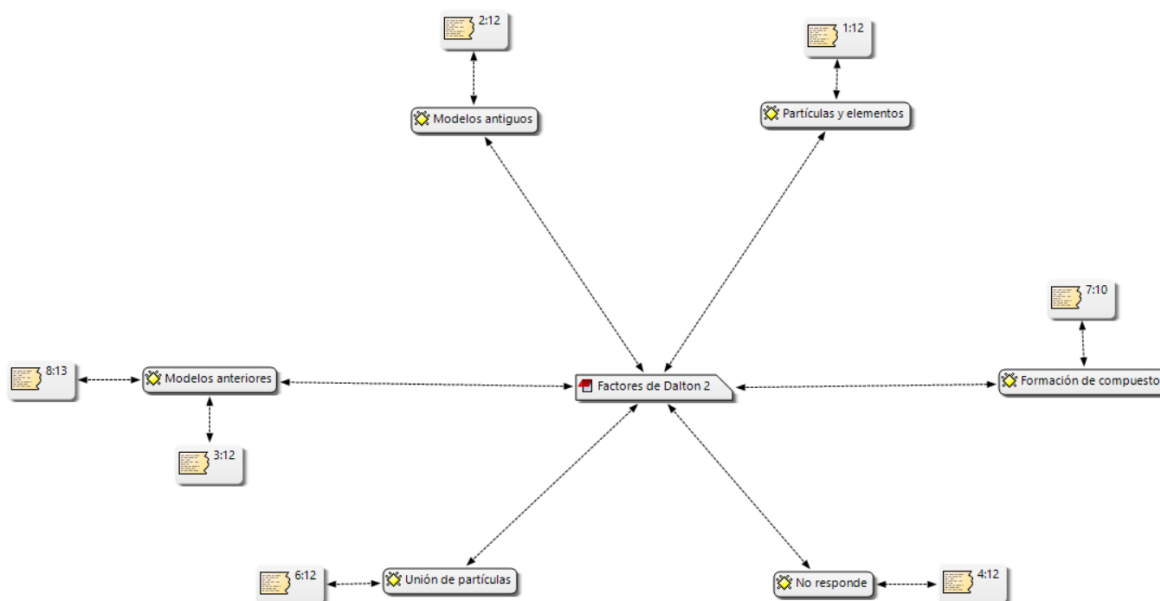
Se destaca que surgieron 2 categorías como modelos químicos y físicos (4 grupos) y modelos químicos (3 grupos) teniendo en cuenta los nombres de los modelos conocidos por cada grupo; para este caso la agrupación de los modelos como químicos y físicos se da porque aparte de tener las características de las partículas del átomo, también se tiene en cuenta la perspectiva desde un marco teórico que interpreta y reconoce, el carácter idealizado y abstracto de los modelos (Rolleri, 2013). Al comparar con la gráfica N° 2, desaparecen 3 categorías: “no los nombra”, “nombra 1 modelo” y “no los tiene claros” que se alejaban del punto de vista de la ciencia. Lo anterior resalta el aporte que la discusión en los grupos produce análisis y a la elaboración de respuestas mejor argumentadas, si se cuenta que las experiencias de aprendizaje grupales fortalecen, desarrollan y ajustan el concepto al incorporar significados o normas, que se confrontan con otras lógicas, modos de sentir y de actuar (Teubal, 2006), llevando a los demás a centrarse en el trabajo por realizar.

Gráfico 7. En cuanto al modelo atómico propuesto por Dalton



De las 5 categorías destacadas, 4 de ellas (6 grupos) apuntan hacia los conceptos de la ciencia, relacionan características de varios modelos que los diferencian, reflejo del resultado del apoyo de tipo gráfico que utilizan algunos docentes para dar su clase de los modelos a lo largo de la historia y que se ha aprendido de memoria (Tejada, Gattas y Villabona, 2013), sin embargo, no se precisan las características del modelo propuesto por Dalton. Un grupo no apelan a gráficas, lo que destaca su distanciamiento sobre los modelos en general. Se constata que la categoría que se acercaba un poco en los cuestionarios individuales no aparece y resalte la debilidad del conocimiento del contexto en el cual John Dalton formuló su teoría.

Gráfico 8. Factores que tuvo en cuenta Dalton



Los resultados que muestra el gráfico destacan 6 categorías, cinco de las cuales están enfocadas en el área de las Ciencias, las categorías de modelos anteriores y modelos antiguos con el comentario 2:12 “la materia está conformada de átomos característicos, teniendo en cuenta modelos antiguos y con estos propuso el suyo”, dan a entender que antes del modelo de Dalton existió otro modelo, demostrando que hay unas ideas alejadas de la Ciencia, ya que antes de Dalton no se formuló modelo alguno, pero si los postulados enunciados por Demócrito y Leucipo en la antigua Grecia, que explicaban la materia formada por partículas pequeñas e indivisibles con diferentes tamaños y posiciones, determinando su comportamiento y apariencia (Ravaschino, 2011). Las otras 3 categorías (partículas y elementos, formación de compuestos y unión de partículas) hacen referencia a apartes y a reacciones que aún no se consideraban en 1808. Un grupo no respondió este ítem. No se considera, entre los grupos, alguna información sobre el contexto en que el que Dalton formuló su modelo atómico. Podría atribuirse a que, la mayoría de los textos en los que se basa la enseñanza de la química presentan el contenido curricular sin apelar a la historia y a la filosofía de los contextos históricos que apoyaría la comprensión de los

conceptos (Niaz, 2005). Al comparar esta gráfica con la N° 4 se nota que disminuyen las categorías que se alejan de la Ciencia, pero como se dijo anteriormente, ninguna de ellas alude a lo que tuvo en cuenta Dalton para generar su modelo.

Esta primera acción de intervención del trabajo de aula diseñado con el que se sometió a discusión en grupos pequeños los conceptos acerca de la modelación en ciencias, de los modelos atómicos, del modelo atómico de Dalton y de las condiciones que propiciaron su formulación, se destaca que la discusión que la percepción sobre modelo en general cambia en cuanto a la representación de un fenómeno. Los grupos en sus interpretaciones con imprecisiones teóricas sobre el modelo de Dalton, sus implicaciones históricas y la representación de sus átomos.

## **6.2. Aproximación al aula STEM**

En esta actividad que está consignada en el anexo 4, los estudiantes debían formar grupos de 4 personas para observar y analizar distintas herramientas y materiales dentro del aula STEM, con el fin de saber lo que ellos conocen de los 5 que más les llaman la atención y que de esta manera fueran entendiendo su funcionamiento para usarlos en el momento de resolver las situaciones problema. Los resultados de esta actividad están consignados en el anexo 5 y se sintetizan así:

- Grupo 1

En este grupo escogieron un instrumento de cada una de las asignaturas de las ciencias, ya que el microscopio es de biología, el pasco scientific es un medidor de pH usado en química y el Wireless es de física; además que hay 1 instrumento que pertenece a la robótica (áreas de la ingeniería) que es el pulse components set.

- Grupo 2

En este otro grupo 2 de los 4 instrumentos escogidos pertenecen a la parte de ingeniería (control y kit de electrónica), mientras que los otros 2 son de uso de la química (calentador y tarro de cristal).

- Grupo 3

Para este grupo 2 instrumentos se usan en la química, mientras que el controlador y receptor tx gamepad es de robótica y el medidor de voltaje se usa tanto en física como en la ingeniería.

- Grupo 4

En este grupo la mitad de los instrumentos se pueden usar en el campo de la biología, mientras que el control y el medidor de movimientos o energía se pueden usar en la robótica y la física respectivamente.

- Grupo 5

Para el grupo el 50% de los instrumentos funcionan en la robótica, mientras que el mini hotplate se usa tanto en la química como en la biología y el pasco voltaje se usa tanto en la física como en la ingeniería.

- Grupo 6

De este grupo, los 4 instrumentos escogidos funcionan en el ámbito de las ciencias naturales con aplicaciones en la biología, la química o la física.

- Grupo 7

La mitad de los instrumentos tienen su función en la física, mientras que el cargador se usa en la ingeniería y el recipiente para fotosíntesis en la biología.

- Grupo 8

Este grupo escogió 2 instrumentos que se usan en el ámbito de la química (máquina magnética y la báscula) pero también hay un control que se usa en la robótica (ingeniería) y un carro utilizado en la física para el M.U.A.

- Grupo 9

En este grupo 2 de los instrumentos tienen su uso en la física (carrito inalámbrico y las gafas), mientras que el conjunto de mecanismo se usa en la ingeniería y el tubo de experimentos en la química.

Luego cada grupo escogió un instrumento para buscar su funcionalidad y contrastar con lo que habían escrito, dando los siguientes resultados:





Estudiadas las infografías elaboradas por los grupos, en general, se puede afirmar que la tendencia en la escogencia de los instrumentos corresponde al área de ingeniería (8 de los 9 grupos). Llama la atención que estos estudiantes no tenían información previa sobre los mismos, los desconocían, dada la modalidad académica de la institución se esperaba que la mayoría escogieran instrumentos de la robótica para tener en cuenta su funcionalidad dentro del aula STEM, justificándose en que está incorporada en la mayoría de los dispositivos que utilizan los estudiantes de manera cotidiana (López et al, 2016) haciendo que quieran descubrir su funcionamiento y componentes.

Al analizar 9 las infografías, se evidencia que los grupos quisieron hacer una revisión más profunda de los instrumentos que se relacionaban con la robótica (ingeniería) y la química, para cada una de estas áreas hay 4 infografías, mientras que un solo grupo quiso profundizar sobre el uso del instrumento en la biología. Al comparar lo encontrado en el anexo 5 y las infografías mostradas, se nota que hay un cambio que viene desde el nombre, hasta la utilidad, como por ejemplo, el grupo 1 en el cuadro escribió que: “el instrumento se llamaba pulse components set y era un robot que se mueve y toma imágenes” mientras que al investigar, encontraron que era “un tetrax max dual set set de piezas con un hardware para diseñar, probar, conducir y codificar robots”, al quedar expuestas en el aula STEM, sirvió para tenerlas en cuenta en otras actividades.

### **6.3. De los trabajos prácticos.**

Los resultados del trabajo aula STEM en el marco de la estrategia diseñada con la incorporación del análisis de las condiciones iniciales, fueron los siguientes:

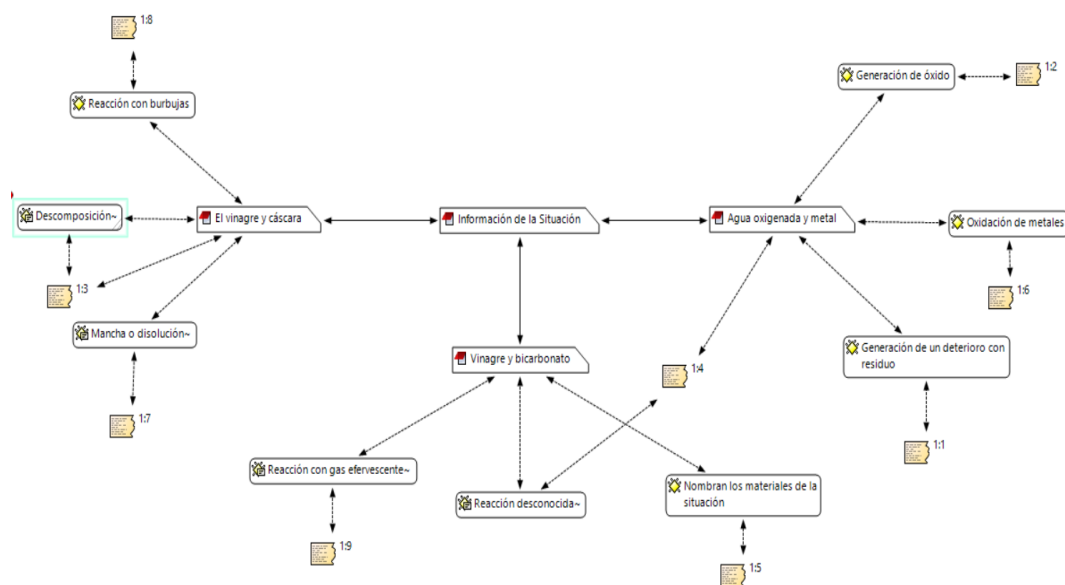
#### **6.3.1. De lo macroscópico: (por preguntas, por grupos de situaciones).**

La distribución al azar de las situaciones por trabajar por grupos, (anexos 6 y 7) fueron las siguientes:

| Pregunta problema  | Grupo |
|--|-------|
| ¿Qué pasa al cabo de varios días si se cae un trozo de metal a un vaso con agua oxigenada?   | 2     |
|  | 3     |
|  | 7     |
| Cuando se agrega bicarbonato de sodio a una solución de vinagre, se desprende un gas ¿Podría llenar una bomba con ese gas? ¿Qué tipo de gas puede inflar la bomba? | 1     |
|  | 5     |
|  | 6     |
| ¿Qué reacción puede ocurrir si se desecha la cáscara de los huevos con vinagre?  | 8     |
|  | 4     |
|  | 9     |

Tabla 4. Distribución por grupos de las situaciones cotidianas

Gráfico 9. Situación problema



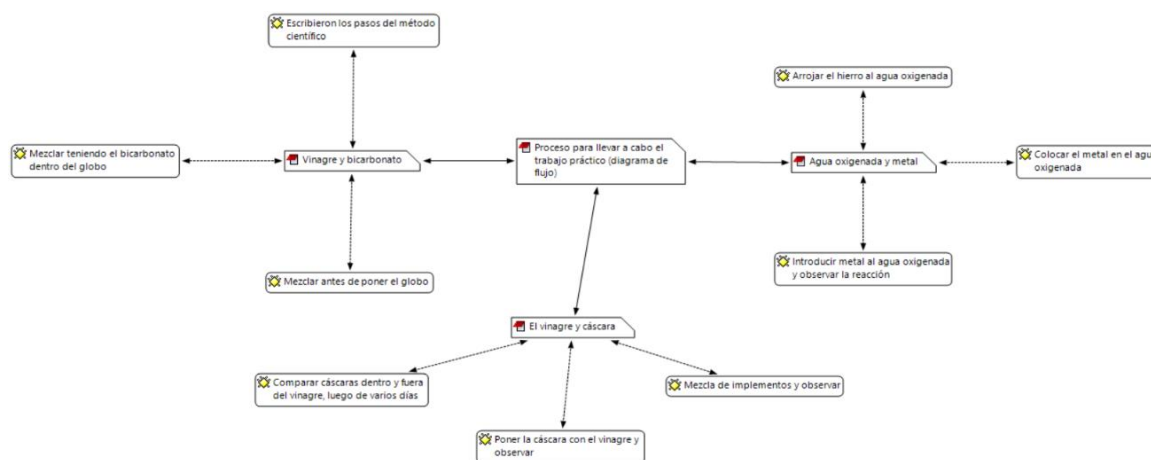
Estos resultados muestran que para cada situación y los correspondientes grupos afloran las experiencias previas en las hipótesis discutidas y formuladas: los grupos 2 y 7 sostienen que se genera un tipo de óxido (comentario 1.6) “varios días después de sumergir el clavo, se visualiza como se desprende y cambia de color dependiendo del metal”, dan a entender que hay un cambio tanto en el

agua como en el trozo de metal usado; el grupo 3 afirma que hay una transformación (comentario 1.1), “se genera un deterioro evidente en el material dejando residuos en el líquido y produciendo un cambio de color” haciendo referencia a que las partes del metal se van dañando hasta contaminar el agua oxigenada.

Para el caso del vinagre y la cáscara de huevo, el grupo 9 manifiesta que se genera una reacción con producción de burbujas (comentario 1,8), “reacción hace que la cáscara se rodee de burbujas provenientes del vinagre y a los días la cáscara se decolora”. El grupo 8 declara que “al mezclarse la cáscara con el vinagre se puede producir una mancha que decoloriza y agrieta la cáscara” (comentario 1.7) refiriéndose en ambos casos a los posibles cambios físicos que puede tener la cáscara a los días de haberse generado la reacción con el vinagre. El grupo 4 habla de una descomposición de la cáscara (comentario 1,3), “tiene calcio y al ser mezclado con el vinagre, este se descompone y lo que queda de la cáscara es la telita”, dan a entender que en la cáscara hay calcio y que sufre un proceso de cambio irreversible queda la tela que recubre el huevo que “hace parte de la parte interna del huevo y se conocen como membrana testáceas que cumplen la función de proteger el huevo contra la contaminación” (Instituto de Estudios del Huevo, sf).

Por último, para el caso del vinagre y del bicarbonato, los grupos 5 y 6 conocen que hay una reacción entre ambos, el grupo 5 tiene idea que se desprende un gas desconocido, el grupo 6 apunta a que puede ocurrir una efervescencia que inflaría el globo; gas (burbujas) que se podrían ver al momento de mezclar ambas sustancias. grupo 1 solo nombró los materiales que usarían como “bicarbonato de sodio, solución de vinagre y un vaso para realizarlo” (comentario 1.5), sin tener en cuenta la pregunta dada y poco interés por trabajar en una hipótesis con lo que conocían de la situación.

Gráfico 10. Mapas conceptuales del proceso práctico (Anexo 7)



Todos los diagramas de flujo del gráfico anterior se consignan en el anexo 7 en el que se destacan algunas relaciones entre los grupos que trabajaron la misma situación problema y como resultado para el caso del agua oxigenada y el trozo de metal, los grupos 2, 3 y 7 usan palabras diferentes como arrojar, colocar o introducir pero dan a entender que lo primero que se debe hacer es agregar el metal al agua, maneras diferentes de analizarlo desde ese punto de partida, por ejemplo, el grupo 3 realizó un árbol de decisiones y al final arguye que se debe esperar un tiempo hasta observar cambios para anotar los resultados, mientras que el grupo 7 sostiene que se debe esperar 2 días para poder ver resultados en el experimento y el grupo 2 escribe que se debe esperar y observar la reacción; así que entre estos 3 primeros grupos se nota que solo uno de ellos pone un tiempo límite a la reacción para notar cambios, los demás esperan el tiempo necesario y el grupo 2 solo observa la reacción sin tomar datos que destacar.

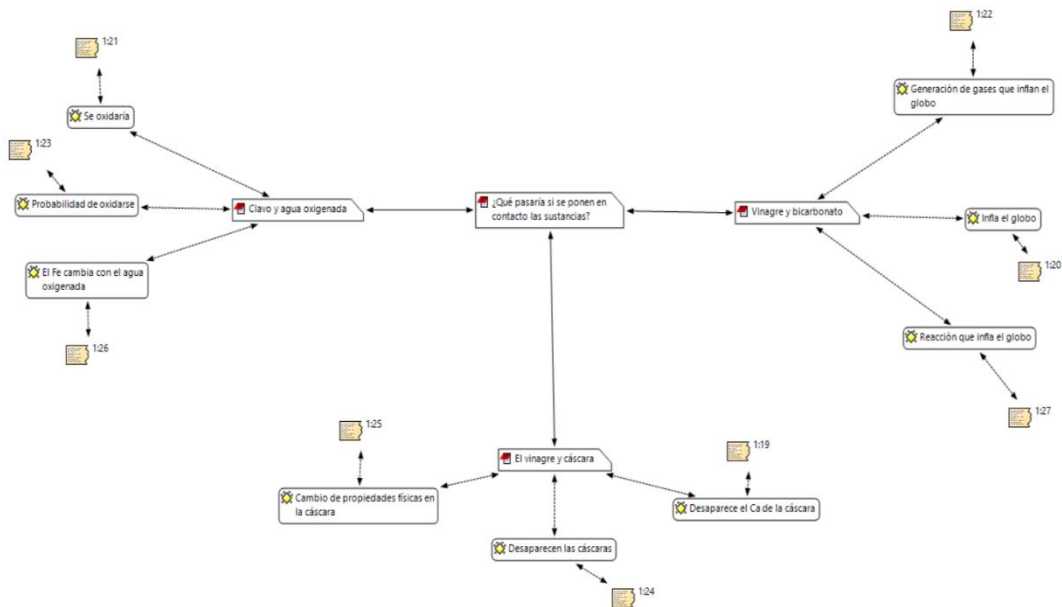
Para la situación del vinagre y la cáscara de huevo cada grupo progresaba en su diagrama de flujo, así, el grupo 8 inició su descripción con la frase poner la cáscara en el recipiente, separando las yemas; mientras que el grupo 4 escribió mezclar en el recipiente el vinagre con el huevo y el grupo 9 inicia con comparar las cáscaras dentro y fuera del vinagre luego de varios días anotando los cambio de

color, olor, texturas, por lo que los dos últimos grupos tenían más conocimientos previos sobre lo que podían realizar para resolver su situación problema.

En lo del vinagre y bicarbonato, los grupos 1 y 5 reflejan conocimientos científicos al sostener que se debe mezclar el bicarbonato con el vinagre, el grupo 1 mezclaría el bicarbonato y el vinagre antes de poner el globo sobre el recipiente, y perdiera parte de productos de la reacción; el grupo 5 pondría el bicarbonato en del globo y lo dejaría caer al recipiente con el vinagre para verificar la reacción y la formación de gas. El grupo 6 solo escribió los pasos sin especificar como los usaría para resolver su situación problema.

Se puede afirmar, que los grupos, a excepción del 6 y el 8, tenían conocimientos sobre los procesos científicos e ingenieriles involucrados en las situaciones que los convocaron, dados la organización de sus diagramas de flujo, la descripción de sus materiales y de los procesos a utilizar, si se tiene en cuenta que era el primer acercamiento a la situación planteada.

Gráfico 11.¿Qué pasaría si se ponen en contacto las sustancias?

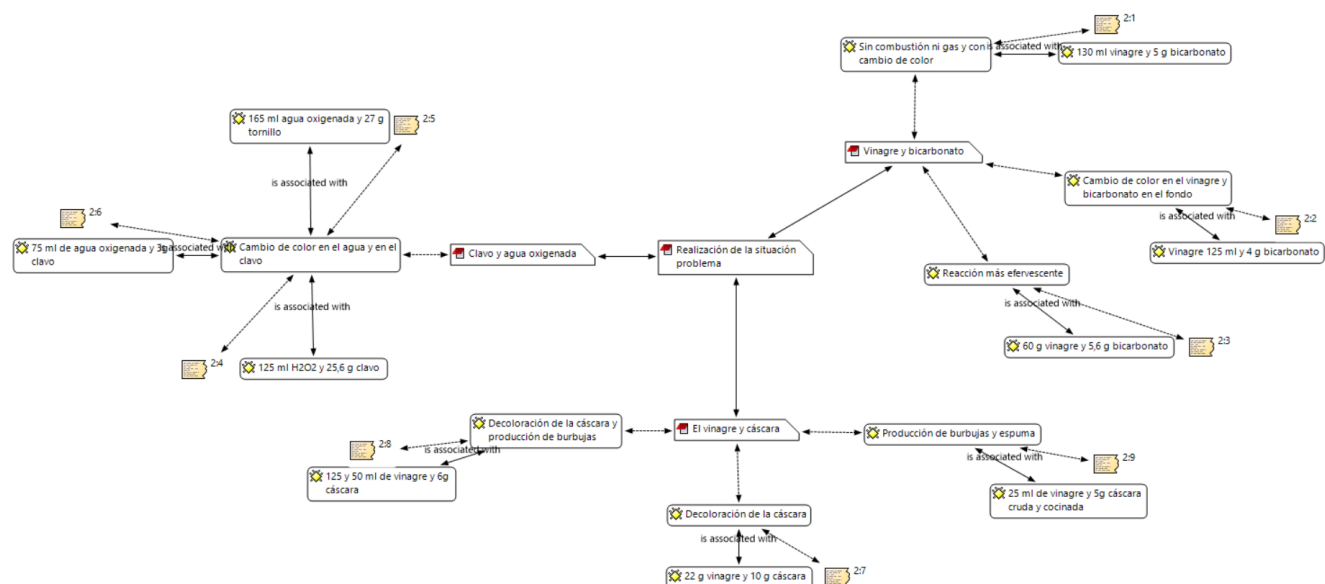


Los dibujos elaborados por los grupos se consignan en el anexo 8. En este gráfico para la situación del trozo de metal y el agua oxigenada, los grupos 2 y 7 declaran que el metal se oxidaría, el grupo 2 lo afirma mientras que el 7 da la posibilidad de que suceda al cabo de varios días; en los dibujos, el grupo 2 hizo marcas más oscuras dentro de un tornillo para mostrar la oxidación y el grupo 7 una especie de burbujas con la descripción anterior. El grupo 3 sostiene que hay un cambio en el hierro al caer al agua oxigenada y dibujan varias fases con unas burbujas alrededor del hierro y una coloración más oscura tanto en el fondo como en el mismo hierro.

Para la del vinagre con la cáscara de huevo, los grupos 4 y 8 mediante sus dibujos opinan que el calcio y las cáscaras de huevo desaparecerán con el paso de los días, interesante que el grupo 4 tenga la idea de que la cáscara de huevo está formada por calcio y mostrado que solo quedaría la parte interna del huevo dando una mayor fundamentación en comparación con los demás grupos. El grupo 8 expresa que se desintegrará en el vinagre. El grupo 9 describe lo que puede suceder y anota que la reacción generaría dióxido de carbono con lo que la cáscara tendría una textura más blanda y con menos color que días anteriores, haciendo alusión a los distintos cambios físicos que puede tener la cáscara de huevo.

Con el vinagre y el bicarbonato, los 3 grupos dicen que se podría inflar el globo, el grupo 6 es más específico al sostener que a partir de una reacción se genera un gas y se infla el globo, el grupo 1 supone que podría ocurrir una generación de gases que inflan el globo y el grupo 5 responde que se puede inflar el globo sin dar una explicación sobre el por qué puede suceder en el proceso.

Gráfico 12. Observación y comparación de las reacciones al poner en contacto las sustancias



El análisis de los resultados de tres interrogantes sobre el trabajo realizado con reacciones (anexos 8, 9 y 10) se muestra en el gráfico 12.

Sobre la situación del clavo (hierro) y del agua oxigenada los grupos 2, 3 y 7 comprueban que se da un cambio de color tanto en el agua como en el clavo. Para el grupo 2 tomó una coloración azul, mientras que el 3 y el 7 viró a color rojizo. El comentario 2.4 del grupo 2, observa que el clavo estuvo con una moneda por un día y luego se la sacaron, dejando solo el clavo (anexo 10) lo que pudo influir en el color, pudiéndose tratar de algún compuesto con cobre, debido a que, una vez que se tiene el cobre en solución se forma un precipitado verde (Díaz y Álvarez, 2001). Los grupos 3 y 7 afirman que se da ese color rojizo porque, con el paso del tiempo el clavo de hierro se oxida y se convierte en óxido férrico, formando un precipitado coloidal de color pardo rojizo (Heredia, 2011); así que los dos grupo ya tienen una pista sobre uno de los posibles elementos que están presentes en su reacción química. Es de destacar que todos los grupos hicieron mediciones con la balanza electrónica (anexo 11), para esta situación el grupo 3 fue el que empleó la mayor cantidad de agua oxigenada y el clavo con mayor masa, mientras

que el grupo 7 usó menor cantidad de agua y el clavo de menor peso con la coincidencia que ambas tuvieron cambios de color marcados y oscuros, haciendo referencia a la posible velocidad de la reacciones.

Para la situación de vinagre con la cáscara de huevo, los grupos 4 y 8 observaron decoloración en sus cáscaras con el paso de los días, con la diferencia que el grupo 8 tuvo el plus de una producción de burbujas, una reacción en la que el huevo pierde su capa exterior y después se observa la aparición de CO<sub>2</sub> (burbujas) (Fernández y Herrero, 2018/2019), asemejándose mucho a lo visto por los estudiantes; mientras que en el grupo 9 también aparecieron las burbujas, pero con espuma y el desprendimiento de la membrana, siendo una reacción común al cabo de varios días, debido a que estas membranas testáceas que protegen al huevo de las bacterias, al momento de la producción del dióxido de carbono y con el vinagre suficiente desaparecen (Manzanares, 2025). De estos tres grupos, el 8 realizó pruebas con una alta y baja cantidad de vinagre para diferenciar los cambios, pero con menor cantidad de cáscara de huevo; el grupo 4 pesó la masa de vinagre y luego con la densidad calculó el volumen, usando la mayor cantidad de cáscara de huevo, lo que propició que la cáscara solo alcanzara a decolorar y no hubiera producción de burbujas como los demás. El grupo 9 usó poca cantidad de vinagre y de cáscara de huevo, siendo semejante la cantidad de cáscara de huevo al grupo 8, las reacciones fueron muy similares.

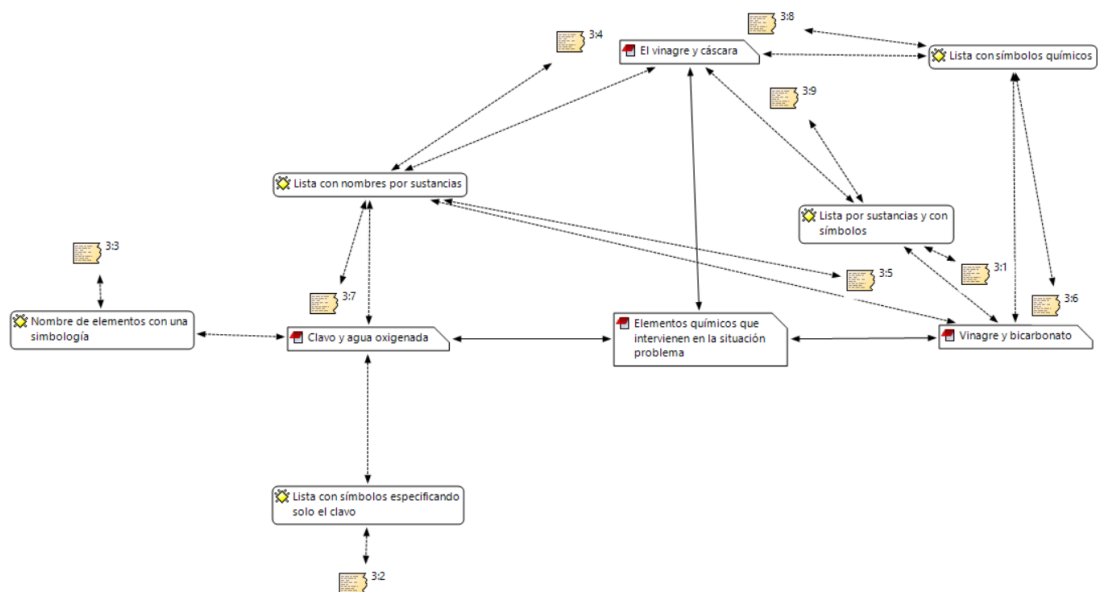
En la situación del vinagre, bicarbonato y el globo los grupos 1 y 5 obtuvieron resultados similares en cuanto al cambio de color en el vinagre cuando se realizó la reacción, pero con la diferencia que el grupo 1 escribe en el comentario 2.1 que no tiene gas producido por la unión dentro del recipiente, sin combustión y con tonalidad amarillenta; mientras que el grupo 5 escribe en el comentario 2.2 que el vinagre se aclaró un poco más y al agitar el recipiente, el bicarbonato del fondo no produce más gas.

Lo interesante de los comentarios de los grupos es que el 1 habla de combustión cuando la reacción en ningún momento muestra una chispa y tal vez se referían a la liberación de gas cuando reaccionaban, confundiendo los procesos, aparte del cambio de color; en el caso del grupo 6 tuvo una reacción mucho más efervescente que se puede explicar por el cambio químico del carácter ácido base (Jiménez-liso & Márquez, 2010), también se da la efervescencia porque es el grupo que utilizó menos volumen de vinagre y mayor masa de bicarbonato, produciendo una reacción de gas más notoria. Es probable que el caso del grupo 1 apareciera algún contaminante al momento de realizar la práctica de la situación escogida.

### **6.3.2. De lo microscópico y simbólico: por pregunta y por grupos de situaciones.**

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo de aula (aula STEM) diseñado con los instrumentos del caso, que le plantearon a los estudiantes la posibilidad de explorar la conformación interna de los elementos (Anexo 12) se muestran en los siguientes gráficos ´producto del análisis realizado con ayuda de AtlasTi.

Gráfico 13. Elementos químicos que intervienen en la situación problema



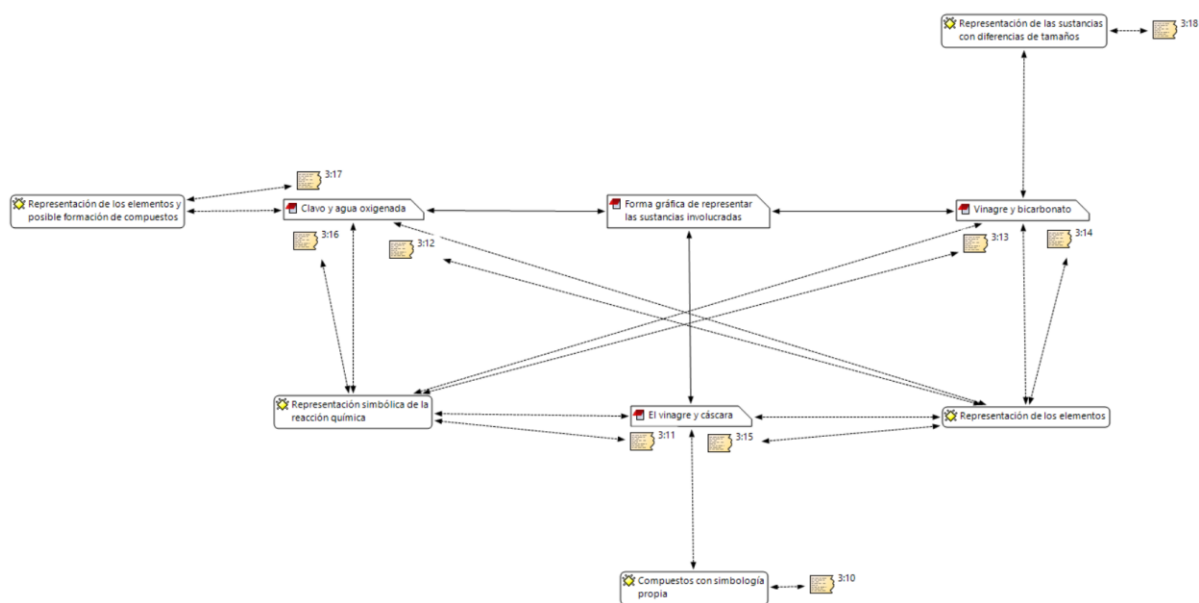
Los resultados de la situación del clavo y el agua oxigenada que posibilita a los estudiantes explorar la conformación interna de los elementos, entre los grupos 2, 3 y 7, el grupo 7 solo se refirió a los elementos básicos de la reacción (anexo 13) y a cada uno de ellos le asignaron sus propios símbolos representativos sin tener en cuenta la tabla periódica, trabajo basado en los postulados de Dalton que en su época creó los símbolos de 20 elementos a partir de círculos con señales en su interior, tomando en cuenta puntos, rayas o letras (Santos y Peral, 2007b). El grupo 2 fue el que hizo el listado de elementos de forma sencilla, especificando los elementos de la moneda y el clavo como eje principal, no consideran el agua oxigenada como reactivo que desencadena la reacción, elaboran un listado de elementos como el fósforo y el carbono, apoyados en los símbolos de la tabla periódica sin relación alguna con lo trabajado en la parte macroscópica. El grupo 7 anotó los elementos en general y luego los clasificó en el óxido (del clavo) y en el peróxido de hidrógeno, descripción del proceso más específico.

Para las situaciones del vinagre y la cáscara de huevo junto con el del bicarbonato, el vinagre y el globo los grupos hacen codificaciones, donde los grupos 4 y 5 listan y clasifican los elementos de las

sustancias, omitiendo los símbolos químicos. El grupo 5 incluyó entre los elementos componentes del vinagre al potasio, magnesio, flúor, hierro y azufre que no se relacionan con el ácido acético. no reconocen las reacciones de los elementos, confunden los elementos de la tabla con más de cien símbolos y su estudio se aborda desde el aprendizaje de esos símbolos (Franco & Oliva, 2012), sin acercamientos de reconocimiento experimental y funcional. El grupo 1 hizo una clasificación por sustancias, con los símbolos químicos que se encuentran en la tabla periódica, incorporan azufre al bicarbonato, confusión similar al grupo anterior. Los grupos 6 y 8 que abordaron la misma situación y el grupo 9 con una situación problema distinta, los clasificaron por sustancias, solo escribiendo los símbolos de la tabla periódica, más el mérito de haber creado su propia simbología como el grupo 7.

El análisis muestra que 2 grupos logran manejar el nivel de representación submicroscópica, en este momento del desarrollo del trabajo en el aula, formulan una simbología de acuerdo con el modelo de Dalton. Los otros 7 grupos nombraron los elementos de forma desapareada con los nombres de las sustancias, dificultad manifiesta en la progresión del nivel macroscópico al submicroscópico atribuible a la carencia de ejemplos de fenómenos cotidianos y su discusión (Casado y Raviolo, 2005).

Gráfico 14. Representación de las sustancias de acuerdo con el modelo de Dalton

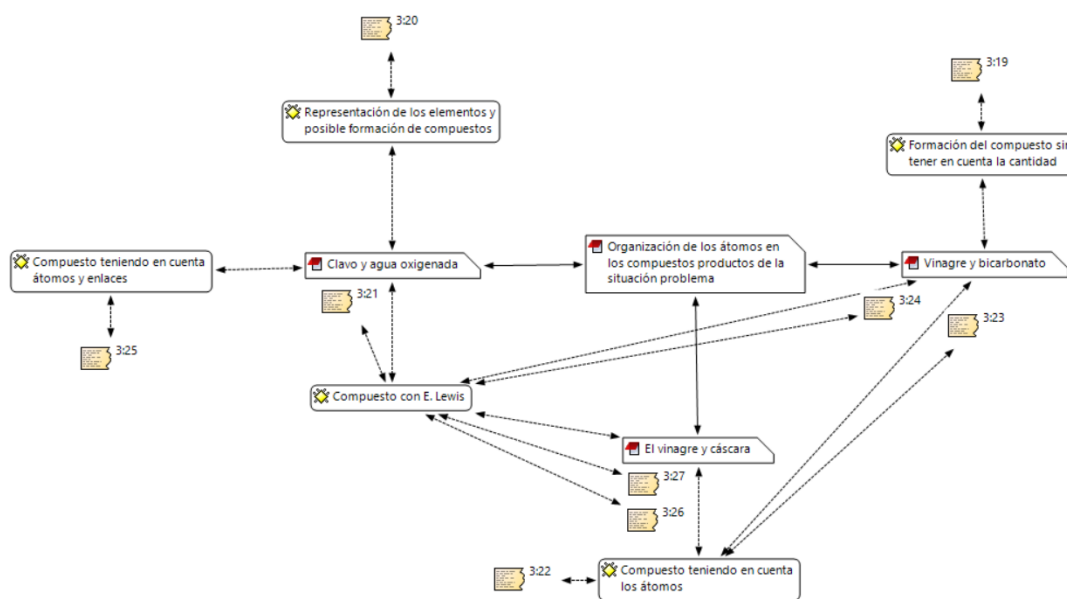


En este gráfico registran los resultados del correspondiente interrogante a las tres situaciones abordadas por los grupos, cuyas respuestas convergen a considerar que las sustancias se representan solo con los nombres de los elementos y de los compuestos, a cada uno de ellos las representan a su manera (anexo 14). Se destaca que 4 grupos, al representar cada elemento y compuesto, estaban ingresando al plano submicroscópico que, con los modelos y teorías de la ciencia se propicia un marco para comprender los fenómenos estudiados (Meneses, Lacolla & Valeiras, 2014), en este caso desde el modelo de Dalton. Así, los grupos 4 y 9 (comentarios 3.15 y 3.10) hicieron la representación de cada uno de los elementos y compuestos, los grupos 5 y 7 (comentarios 3.12 y 3.14) se centraron en dibujar los elementos del producto, más no las sustancias que intervienen en la situación. Los grupos 3, 6 y 8 (comentarios 3.16, 3.13 y 3.11) hicieron sus representaciones como reacción química, proceso más detallado, saltando de lo microscópico a lo simbólico que no se relacionaba con lo propuesto y que se analizará en el siguiente gráfico.

Los grupos 1 y 2 (comentarios 3.17 y 3.18) hicieron esferas de distintos tamaños para diferenciar los elementos, pero solo el grupo 1 marcó en su imagen que pertenecían a átomos de cada uno de los elementos pertenecientes a las sustancias involucradas; además que les dieron distintas tonalidades de color. El grupo 2 creó convenciones para saber cuál era la de cada elemento y anotó los nombres de cada uno de ellos.

En general, 6 grupos logran incursionar en el nivel de representación submicroscópica, los diagramas de los átomos elaborados. Los grupos 5 y 7 no precisaron los productos y las sustancias. Los otros 3 grupos tiene dificultades en la relación entre lo observado y la modelación que pueden hacer al respecto. Aun así, hay cambio positivo en comparación con lo analizado en la gráfica 13.

Gráfico 15. Organización de los átomos de los compuestos de acuerdo con el modelo de Dalton



El análisis de lo actuado en la situación del clavo y el agua oxigenada se muestra en la gráfica N° 15. Los grupos 2, 3 y 7 representan de manera distinta los átomos del compuesto resultante, en este caso los grupos 3 y 7 (comentarios 3.21 y 3.25) trabajaron con un compuesto que puede llevar Hierro (Fe) y Oxígeno (O<sub>2</sub>) como uno de los posibles productos de su situación, el grupo 7 también trabajó el

Aluminio (Al) y Oxígeno (O<sub>2</sub>), experimentaron con un trozo de este material en sus casas y ambos grupos afirman que se organizan teniendo en cuenta los átomos y los enlaces que pueden unirse para formar estructuras de Lewis; esta estructura fue propuesta en 1916 por Gilbert Lewis, como la representación gráfica de los electrones y que aplica a la mayoría de las moléculas estables (Granados, Andrade-López & Alvarado-Rodríguez, 2024). Así sea válida para explicar la manera de organizar los átomos en los compuestos, para esta investigación no es pertinente dado que el modelo de Dalton se formuló 108 años antes y pretendía que las representaciones correspondieran a los principios que Dalton dedujo de sus principios. El grupo 2 (comentario 3.20) también trabajó con Hierro (Fe) y Oxígeno (O<sub>2</sub>) y como dejaron un día la moneda dentro del agua oxigenada, decidieron tener en cuenta el Cu<sub>2</sub>O. Este grupo se centró en el típico modelo de Dalton cuya representación está dada por esferas de distintos colores, si se tiene en cuenta que este modelo planteaba una explicación donde se refiere a los átomos como unidades, sin profundizar en su forma (Soto, 2019); con la diferencia que la representación del grupo 2 tiene algunos distintivos dentro de ellas como líneas en el medio o una x similares a los de Dalton para mostrar 3 posibles resultados que eran la unión del oxígeno con cobre, hierro o aluminio y como se afirmó en la macroscopía, durante un tiempo se tuvo la presencia de una moneda. Las representaciones de todos los grupos están consignadas en el anexo 15.

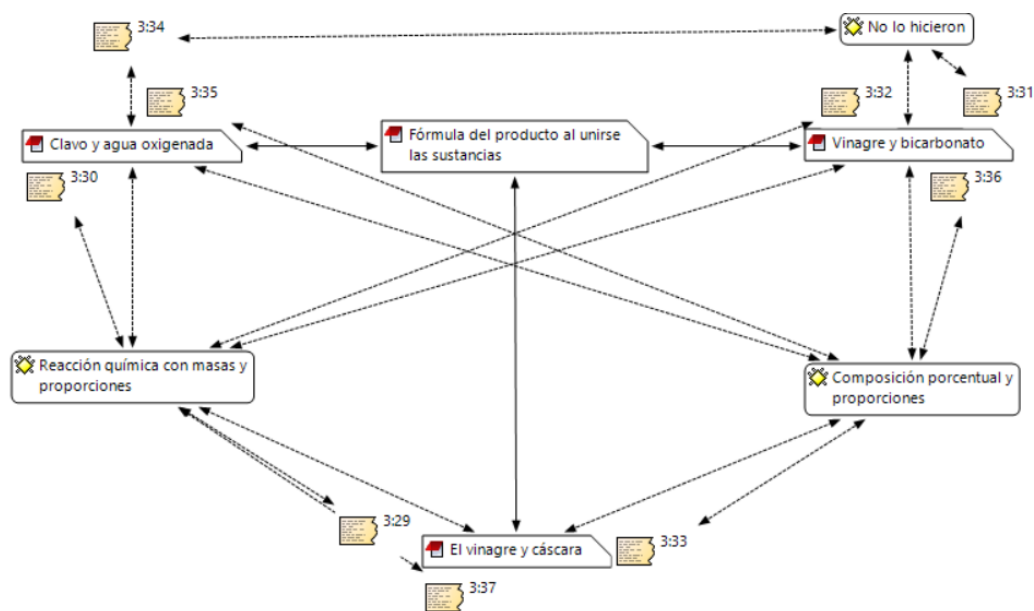
Para las situaciones del vinagre y la cáscara de huevo los grupos 8 y 9 (comentarios 3.26 y 3.27) también representan los átomos desde la estructura de Lewis, analizando para ambos grupos que el gas que sale de la cáscara de huevo y que forma burbujas en el vinagre, puede estar formado por Carbono (C) y Oxígeno (O<sub>2</sub>), esa estructura de Lewis no es representativa para el trabajo porque se buscan las representaciones desde el modelo de Dalton; el grupo 4 dice que su productos estará formado por Carbono (C), Hidrógeno (H), Calcio (Ca) y Oxígeno (O<sub>2</sub>) proveniente de la descomposición de la

cáscara del huevo, realizando una representación similar a la de Dalton pero con el inconveniente que le hizo unas líneas para unir los átomos dibujados de manera redondeada, con el detalle para cada elemento. Estas representaciones que desbordan el marco desde donde se les propuso desarrollar el trabajo aula diseñado muestra, por parte de los estudiantes en este nivel de educación, una forma de enfrentar las situaciones problematizadoras demanda, en este caso, en los principios y condiciones de trabajo de Dalton. La multiplicidad de modelos y la mezcla de ellos que llegan los estudiantes a décimo grado. La mayoría de docentes trabajan todos los modelos atómicos antes de hablar de su importancia histórica y en distintas oportunidades de manera lineal, de forma cronológica y acrítica, sin enfatizar en los antecedentes y en cómo estos son el punto de partida para la construcción de otros modelos pareciendo un conocimiento acumulativo (Muñoz-Burbano, Solbes & Zambrano, 2020).

En la situación del bicarbonato, el vinagre y el globo el grupo 1 afirma que el gas que infla el globo está formado por Carbono (C) y Oxígeno (O<sub>2</sub>), ellos dibujaron los átomos muy similares a los de Dalton haciendo las esferas de distintos tamaños, con el único problema que las hizo de forma masiva, es decir solo redondeadas y similares a una bola de billar como los presentan en la mayoría de los textos, además que dibujaron muchas esferas para ambos elementos y no tuvieron en cuenta la cantidad de átomos que tiene la fórmula, porque para ellos los gases podían ser CO o CO<sub>2</sub> y en la representación hacen más de 15 esferas para cada elemento. El grupo 5 también afirma que el gas está formado por Carbono (C) y Oxígeno (O<sub>2</sub>), representándolo con dos esferas blancas unidas a una negra por medio de una línea, cometiendo el mismo error de modelo que el grupo 4 del párrafo anterior y el grupo 6 que afirma que el producto será el mismo que el de los grupos 1 y 5, pero volvió a representarlo con electrones y enlaces para una estructura de Lewis, así como los grupos 3, 4, 7 y 9.

En general todos los grupos asumen el cambio de nivel microscópico al nivel de representación simbólico, pueden representar los átomos de un elemento o de un compuesto indicando el número de átomos presentes (Ordenes et al, 2014), con algunas confusiones sobre las representaciones del modelo de Dalton con modelos posteriores a su formulación y dificultades en la comprensión de las reacciones químicas.

Gráfico 16. Fórmula del producto a partir de lo realizado por Jhon Dalton



En este aspecto del análisis (Gráfico 16), independientemente de la situación problema, al menos un grupo de cada una de ellas muestran los códigos reacción química con masas y proporciones y composición porcentual y proporciones. Esto demuestra que 7 grupos realizaron operaciones matemáticas a partir de las masas obtenidas para intentar deducir las fórmulas de los productos de las situaciones del aula STEM (anexo 16). Para la primera de ellas, los grupos 5, 7, 8 y 9 (comentarios 3.32, 3.30, 3.29 y 3.37) usaron rutas diferentes para llegar a los resultados de las proporciones, entendidas de la siguiente manera:

➤ Grupo 5: Calcularon la masa para dos valores de vinagre diferentes y los mezclaron con la misma cantidad de bicarbonato para generar el gas, obteniendo las relaciones de 24:5 y 47:5 sin hacer ningún otro proceso, lo que da a entender que dejaron el proceso inconcluso. Un inconveniente, no tener en cuenta la masa del gas producida en la bomba cuando si hicieron el pesaje en la balanza electrónica.

➤ Grupo 7: Tomaron dos valores de la misma masa de agua oxigenada y luego dos valores diferentes del metal, siendo uno el doble del otro, para luego hacer la relación entre las dos masas de hierro encontrando que su relación es de 1 a 2 y dando a entender que de esa manera es que se puede dar el  $\text{CO}_2$ .

➤ Grupo 8: Tomaron dos valores de vinagre diferentes (22 y 47 ml), con la densidad calcularon la masa en gramos, resultados: 25 y 50 g respectivamente, anotan que esa era la masa pura del C que formaba el gas y realizaron una relación estequiométrica con las masas del C y del O, infieren que la relación para ambos casos era de 2:1 para formar  $\text{CO}_2$  y de 1:2 si se formara el CO.

➤ Grupo 9 hizo el mismo proceso que el 8 pero con la diferencia que dice que los productos de la reacción de la cáscara con el vinagre puede ser un óxido y el posible  $\text{CO}_2$  por las burbujas que se venían sobre la cáscara y tomaron la masa inicial para la relación estequiométrica, una relación de 1:2 para el posible  $\text{CO}_2$ .

El grupo 7 se acercó al tomar masas iguales del agua oxigenada, fallaron en que se basaron en los reactivos y no en el producto; los grupos 8 y 9 no tomaron ningún valor como fijo, pero explican un poco más como podría llegar a la fórmula del gas, saltándose parte del proceso. El grupo 5 tuvo relaciones de números enteros, pero no al valor de los átomos del gas que muestran en las imágenes.

En el caso del segundo código nombrado en los párrafos anteriores, los grupos 1, 2 y 4 (comentarios 3.36, 3.35 y 3.33) tuvieron en cuenta unos porcentajes, entendidos de la siguiente manera:

➤ Grupo 1: Tomaron los 130g de vinagre como la masa fija y dos valores de la masa del bicarbonato (10 y 5g) para hacer la comparación, obteniendo proporciones de 2:1, luego con la posible organización de átomos, usaron las masas de los elementos y la fórmula porcentual para comprobar los átomos de cada elemento, obteniendo 2 átomos de oxígeno y 1 de Carbono.

➤ Grupo 2: Tomaron la masa del tornillo y de la moneda, para realizar la composición porcentual con las posibles fórmulas que son  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Cu}_2\text{O}$  respectivamente, hallando la masa de cada elemento, luego realizaron una relación con la masa del agua y la masa del cobre.

➤ Grupo 4: Tomaron la masa del vinagre (22g) y de la cáscara de huevo (10g) para comprobar que había una relación matemática entre las masas, obteniendo 11:5; luego con la fórmula del acetato de calcio (posible compuesto presente) realizaron la composición porcentual.

Los 7 grupos anteriores intentaron realizar los cálculos matemáticos teniendo en cuenta la ley de las proporciones múltiples de Dalton, donde al combinar dos elementos se pueden formar más de un compuesto al tener la masa fija del otro, generando una relación de números enteros pequeños (Dalton, 1808c), todos tuvieron fallas en el procedimiento matemático al no considerar apropiadamente las reacciones (nivel simbólico). Los grupos 3 y 6 no hicieron nada en la hoja y en el momento de la aplicación de la guía.

### **6.3.3. De la presentación grupal: infografías y videos (manejo instrumental de medición y relaciones).**

El análisis de las infografías (anexos 18 y 19) destaca el estado de desarrollo de los grupos en el momento de la exposición grupal (anexo 17):

La situación del clavo y el agua oxigenada:

➤ Grupo 2: Los cuatro estudiantes se hacen a un lado del televisor en fila para no tapar la visual de sus compañeros y el primer estudiante inicia saludando al público, diciendo que hablarán del experimento basado en el modelo de Dalton con la infografía llamada agua y oxidación. Luego el segundo estudiante expone lo elaborado sobre el modelo de Dalton, confusiones en apartes de la lectura causa algunas risas en sus compañeros, no se arredra y continúa con el desarrollo de su exposición con aportes teóricos del modelo, la comprobación matemática basados en los datos sobre el cobre (5 g) como la sustancia no variable y del agua oxigenada dos valores: 50 g y 120 g; al final de este proceso solo dividieron esos valores por los 5g de Cobre, obtuvieron los valores para simplificar y sacar las proporciones, dejando solo la de la segunda masa que les daba 12:5. El tercer estudiante a explica el proceso seguido con la situación planteada, en 4 pasos: reunir los elementos, medir las cantidades de las sustancias, agregarlos y esperar unos días para ver los cambios. Retoma la palabra el primer estudiante sobre los resultados, explica el cambio considerable en el color del agua oxigenada y en los metales usados, destaca que con el paso de los días el agua oxigenada utilizada había disminuido sin razón aparente. La última estudiante expone las conclusiones del grupo: la reacción química hace que el agua oxigenada oxide el metal a largo plazo y con la ayuda del modelo de Dalton pudieron comprender la relación entre el peso del elemento y la reacción química. El primer estudiante dice “se calculó el peso de “eso” y da las gracias. Esta exposición se desarrolló en un tiempo de 3 minutos.

➤ Grupo 3: Los estudiantes se organizan de dos en cada lado del televisor para no tapar permitir la exposición de la infografía. Una de las estudiantes saluda y enuncia el título de la reacción química, agua oxigenada y hierro, sostiene que el experimento es una pequeña demostración de una reacción química “esotérica” que libera calor cuando el hierro reacciona con el agua con producción de óxido de hierro y gas hidrógeno, sobre los materiales usados hierro, agua oxigenada y un recipiente

transparente. La segunda estudiante relata el procedimiento con detalle, comenta que pesaron ambas sustancias para combinarlas y dejar el tornillo de hierro por unas semanas en agua oxigenada. La tercera estudiante explica el abordaje matemático, nombra las sustancias empleadas y dar, como resultado, dos óxidos de hierro. Para ello toman la masa del tornillo multiplicada por la masa del oxígeno y divide por la masa que del hierro (leída en la tabla periódica), repiten el procedimiento, con los átomos del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  para comparar los dos resultados: 6 en la primera y 9 en la segunda, simplifican por 3 y la relación de 2:3, lo que los lleva a pensar que su compuesto realmente es el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Explica que se trata de una reacción de óxido-reducción en la que el hierro pierde electrones y el agua se reduce. Interviene la segunda estudiante para explicar que este tipo de reacción es lenta y que requiere la presencia de oxígeno en el agua, además de describir el proceso por el cual se forma el óxido. El cuarto estudiante comunica las conclusiones: esta reacción química es común donde el oxígeno del aire se va uniendo al hierro, molécula por molécula, liberando energía en forma de calor y que esto la hace exotérmica, además que se usa para el blanqueamiento, desinfección y limpieza de los metales. Agradece y cierra la exposición de 5 minutos, 40 segundos.

➤ Grupo 7: los cuatro estudiantes se ubican a la derecha del televisor, el primer estudiante saluda a todo el público y comenta que van a hablar del proceso, de los resultados, de la representación de las sustancias y de la fórmula del producto, para terminar con una conclusión general. Inicia explicando que se tomaron dos valores de agua oxigenada, 50 y 75 ml, calcularon su masa en gramos con la densidad y como valor constante pesaron 3g del clavo utilizado para contar que el clavo tenía un rastro pequeño de óxido y que podría facilitar el proceso de reducción-oxidación, observaron los cambios por unos días. El segundo estudiante de los resultados dice que los cambios se dieron en primera medida por la cantidad de agua oxigenada, al cabo de un día se había evaporado una parte

haciendo que la capacidad de reducción-oxidación disminuyera y que al sacarlo del agua oxigenada su capacidad aumentaría por el contacto con el aire se nota un color rojizo tanto en el agua como en partes del clavo. El tercer estudiante se refiere a la representación de las sustancias, dice que se tomaron el tiempo de darle su propia simbología a los elementos que podrían darse de esta situación como lo eran el hierro representado mediante un triángulo y un punto en el medio, el aluminio representado en una estrella y el oxígeno en un círculo con unos puntos dentro para entenderlo mejor, que también intervienen el hidrógeno y el carbono pero que no les hicieron representación alguna, después muestra una posible organización utilizando los elementos y enlaces, terminando así su intervención. El último estudiante explica su proceso matemático partiendo de los 3g que tiene de masa el tornillo con óxido por ser la sustancia constante y que al pensar que era monóxido usaban la masa normal, mientras que cuando podía ser óxido usaban el doble de masa; luego simplificaron los dos resultados que eran 3 y 6g respectivamente, encontrando una relación de 1:2; termina su intervención con una conclusión, muestra que se puede observar el proceso del uso del modelo de Dalton junto con las implicaciones de hacer el trabajo. La exposición se hizo en 5 minutos, 45 segundos.

En cuanto a la exposición del grupo 2 se puede decir que se enfocaron en dar datos generales, sin detallar el proceso de la obtención de las relaciones matemáticas (anexo 16). Manifiestan escasa preparación no daban nombres técnicos sino los generales de cada instrumento, incluso llegando a nombrar el producto como “eso”, además que no le prestaban total atención a lo que decía sus compañeros.

El grupo 3 muestra errores de conceptualización: confundir esotérico con exotérmico, con la observación de que nombran las sustancias y también hablan los productos resultantes sin especificar los nombres de los materiales de vidrio pero explicando que es un proceso de óxido-reducción, donde

uno de los átomos de las sustancias pierde electrones a la vez que otra los gana (O'lery, 2012), afianzando su conocimiento a nivel submicroscópico y simbólico con un proceso matemático más claro pero no cercano a lo investigado por Dalton, aunque con una conclusión donde entienden que las reacciones cotidianas se pueden interpretar desde el mundo de las ciencias. El grupo 7 se basa en los niveles de interpretación química, teniendo en cuenta los cambios visibles tanto del tornillo como del agua (macroscópico), cuando hablan del proceso de reducción-oxidación que como lo anota el grupo anterior, se llama óxido-reducción y a su representación mediante triángulos y círculos semejantes a los de Dalton, se refieren a las teorías necesarias para entender el proceso (submicroscópico) y cuando explican el proceso a partir de la posible producción de monóxido de hierro (llama la atención la denominación), intentan llegar al nivel simbólico que es el que más se les dificulta. En general de estas 3 exposiciones las de los grupos 3 y 7 son las que más se acercan a entender el modelo de Dalton, siendo la del grupo 7 la que mejor lo hace por sus resultados y forma de explicar; además que el grupo 3 en un principio no había presentado su proceso matemático, pero como tuvieron una semana para preparar la exposición final, lograron hacerlo y explicarlo.

La situación del vinagre y la cáscara de huevo arrojó los siguientes resultados:

➤ Grupo 4: los estudiantes se hacen al lado del televisor y la primera de ellos saluda y comunica que en la exposición se va a hablar sobre la información que tuvieron del fenómeno, las sustancias y elementos que intervienen, la comprobación matemática con su fórmula y una conclusión. Describe el fenómeno que trabajaron con cáscaras de huevo que contienen calcio, que al dejarlas en vinagre por varios días se provocaba la descomposición de ella, dejando solo la tela blanca. La segunda estudiante retoma las sustancias participantes, explica que las cáscaras de huevo aparte de tener calcio pueden aportar fósforo y hierro pero que en su mayoría es calcio, mientras que el vinagre está formado

por carbono, oxígeno e hidrógeno junto con zinc y que al mezclarse producen acetato de calcio y dióxido de carbono, que con el paso de los días desintegró la cáscara viéndose el centro del huevo. El tercer estudiante explica lo matemático: la masa del vinagre (22g) la simplificaron con la masa de las cáscaras de huevo (10g) para obtener su relación de 11:5 y al ser una relación de números enteros, se cumplía el modelo de Dalton. La última estudiante explica la fórmula porcentual del acetato de Calcio, diciendo que tomaron los porcentajes de participación de cada elemento y lo dividieron por su masa atómica para obtener la cantidad de átomos con la conclusión final que mediante estos dos métodos se demuestra todo el trabajo hecho por John Dalton. La exposición duró 6 minutos, 5 segundos.

➤ Grupo 8: Los cuatro estudiantes inician con saludo y frente al televisor obstruyen la visión de la infografía, y se van turnando para explicar por partes. El primer estudiante lee el nombre de la infografía correspondiente al experimento de las cáscaras de huevo con vinagre, después habla del procedimiento que llevaron a cabo y la parte química de la reacción del vinagre con la cáscara de huevo, al explicarla enfatiza que la reacción del  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (Vinagre) +  $\text{CaCO}_3$  (cáscara del huevo)  $\rightarrow$   $\text{CO}_2$  +  $\text{H}_2\text{O}$  +  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , luego habla de lo visto en el nivel macroscópico. El segundo estudiante empieza a explicar las operaciones matemáticas para llegar a las proporciones, diciendo que tomaron el gas como producto y que al comparar los dos posibles gases, se dan las “fracciones” iniciando con hacer operaciones con las distintas masas que tomaron, que fueron 25 y 50g, para realizar unas multiplicaciones y divisiones con las masas de cada elemento, obteniendo un resultado; luego se hizo lo mismo con las demás y al final se simplificaron los resultados para cada masa, obteniendo las proporciones del compuesto, al final del apartado el estudiante explica la relación con el modelo de Dalton diciendo: “los elementos iniciales no se destruyen ni se crean, si no que se re organizan y se guardan en nuevos compuestos”. El tercer estudiante explica de nuevo algunos resultados del nivel

macroscópico, especificando que usaron tanto cáscara de huevo crudas como cocinadas, donde la cocinada se descompuso y la cruda resultó con una tela flexible y transparentosa, luego intenta explicar de donde provienen las burbujas. El último estudiante se encarga de explicar las conclusiones diciendo que como grupo trabajaron de manera satisfactoria porque todos ayudaron a realizar los experimentos y a organizar el proceso que llevaron a cabo para llegar a la respuesta para terminar explicando que el vinagre disuelve la cáscara de huevo mediante una reacción ácido-base para formar nuevos compuestos y que esto se da gracias a la ley de la conservación de la masa, basado en la reorganización de átomos. Al final agradecen y terminan la exposición de 6 minutos, 20 segundos.

➤ Grupo 9: Las estudiantes inician dividiéndose de a 2, la primera con la presentación de los compañeros y el nombre sus experiencia que es: El efecto del vinagre en la cáscara de huevo, para después hacer una introducción comentando lo que se puede esperar durante la exposición, explica el procedimiento para mostrar los materiales usados como cáscaras de huevo crudas y cocidas, vinagre blanco, un beaker y lápiz y papel para hacer anotaciones, explica paso a paso para tomar la masa de ambas sustancias y las observaciones iniciales del nivel macroscópico. El segundo estudiante con el nivel macroscópico y explica de donde surgen las burbujas junto con los cambios en la cáscara del huevo como la disolución del  $\text{CaCO}_3$ , lo que hace la cáscara traslúcida, reflejo de un proceso ácido-base para terminar diciendo que tuvieron un excelente trabajo en equipo para así obtener resultados claros y precisos. La tercera estudiante habla de los resultados teniendo en cuenta los cambios día a día, donde explica la reacción que se genera al combinarse el  $\text{CaCO}_3$  (Cáscara de huevo) con el  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (Vinagre) generando  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  y destaca que las burbujas se vieron primero con la cáscara de huevo cocido, al tercer día sacan y tocan las cáscaras dándose cuenta que son más blandas, indicando que el  $\text{CaCO}_3$  se estaba disolviendo; a la semana las cáscaras estaban mucho más reducidas que al principio

mostrando que su material calcáreo había disminuido dejando solo la membrana orgánica. La última estudiante se encarga de explicar la reacción química para la producción de burbujas y de acetato de calcio, indicando que escogieron las burbujas para hacer la comparación matemática, partiendo de la mezcla de las masas del vinagre y las cáscaras del huevo para un total de 81g, luego con la masa atómica de los posibles elementos (C y O) hicieron divisiones y multiplicaciones para obtener 2 resultados y así simplificarlos con mitad y tercera, obteniendo la relación de 1:2 que es la relación entre los átomos de carbono y oxígeno de sus burbujas; ella también habla de una conclusión diciendo que se demuestra la manera cómo reaccionan el ácido acético para poder disolver la cáscara del huevo mediante una reacción ácido-base; al final se agradece a sus compañeras, a los demás estudiantes por escucharlas y se despide de todos, después de 9 minutos, 11 segundos de exposición.

Un análisis de las exposiciones de los grupos, muestra que el grupo 4 se centró en especificar lo macroscópico y aunque intentó llegar a lo simbólico mediante los elementos de la tabla periódica y algunos compuestos, se omitió la teoría central del trabajo, explicaron de manera superficial el proceso matemático y la manera como la cáscara de huevo se va desintegrando, además de relacionar de manera inapropiada la composición porcentual con el modelo de Dalton al trabajar las masas y sus relaciones entre los átomos. Los grupos 8 y 9 hacen una apropiada explicación del nivel macroscópico al especificar todas las sustancias y sus reacciones cuando las pusieron en contacto. Muestran la reacción completa entre el vinagre y el carbonato que tiene la cáscara de huevo, pasando al nivel simbólico, con el inconveniente en el grupo 8 del nivel submicroscópico porque cuando explican los procesos matemáticos, uno de ellos confunde el modelo de Dalton con la ley de la conservación de la materia enunciada por Antoine Lavoisier 14 años antes pero si afirman que el resultado se da por una reacción ácido-base; en el caso del grupo 9 explican más a fondo el proceso matemático llegando a la conclusión

de la relación de los átomos que se unen para formar el CO<sub>2</sub>, simulando los procesos seguidos por Dalton y explican, al igual que el grupo 8, que hace parte de una reacción ácido-base investigada por Bronsted y Lowry 120 años después de Jhon Dalton, pero que hace que ingresen al mundo submicroscópico.

La situaciones del bicarbonato, el vinagre y el globo arrojó los siguientes resultados:

➤ Grupo 1: Entre los estudiantes, inicia el primero de ellos con una introducción y el objetivo de inflar la bomba con el gas que produce la mezcla de las sustancias obtenidas del análisis de la situación problematizadora, afirma que utilizaron un globo, un recipiente de vidrio, vinagre y bicarbonato como elementos que se traen de la casa o que se consiguen en las tiendas de barrio. El segundo estudiante explica la metodología seguida; se pesa en el recipiente de vidrio 130 ml de vinagre, con la densidad se calcula la masa en gramos, se pesan 10g de bicarbonato para mezclarlos y luego colocar la bomba en la boca del recipiente, como resultado de mezclar el CH<sub>3</sub>COOH (vinagre) y el NaHCO<sub>3</sub> (bicarbonato) se produce un gas con carbono y oxígeno junto con otros productos. El gas produce burbujas que tienden a escaparse de la botella y llegar hasta el globo para inflarlo. El tercer estudiante se refiere al proceso matemático realizado: dividen los 130g del vinagre y por los 10g del bicarbonato, resultado, una relación de 13:1, lo hacen para obtener la mínima expresión, señala la representación de los átomos de CO<sub>2</sub> según el modelo atómico de Dalton, mostrando unos átomos con electrones y órbitas. El último estudiante hace el cierre con la información del modelo de Dalton sacada de internet, agradeciéndole por resolver cuestiones sin respuesta como la causa de las proporciones estequiométricas y diciendo que toda la materia está hecha de partículas indivisibles llamadas átomos. Exposición de 4 minutos, 35 segundos.

➤ Grupo 5: Las estudiantes saludan a sus compañeros y la primera de ellas, empieza a explicar los materiales usados en la situación a partir de imágenes de las semanas de trabajo en el aula STEM, muestra las fórmulas de las sustancias químicas junto con el procedimiento donde agregarán el vinagre al recipiente, luego el bicarbonato en el globo y por último pondrán el globo sobre el recipiente para que caiga el bicarbonato y se mezcle con el vinagre. La segunda estudiante explica los resultados diciendo que al entrar en contacto estos dos ingredientes se comienzan a crear unas burbujas que inflarán el globo, además destaca que usaron 24 y 47g de vinagre para 5g de bicarbonato y que el globo pesa 0,1g. La tercera estudiante comenta la razón por la que se infla la bomba, señalando la reacción entre el  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (vinagre) +  $\text{NaHCO}_3$  (bicarbonato) que según ellas produce  $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  y que esto se da debido a la interacción entre un ácido y una base. La última estudiante se encarga de explicar el proceso matemático donde tomaron la masa de cada vinagre y la dividieron con la del bicarbonato como una sustancia constante para simplificar y obtener la relación matemática, diciendo que de esta manera se cumple el postulado de Dalton por ser una proporción entre dos números naturales. La exposición duró 5 minutos y 40 segundos.

➤ Grupo 6: La primera estudiante inicia saludando, explicando que consiste en mostrar los principios básicos de la química y explicar el modelo de Bohr de una manera sencilla, para pasar a hablar del contenido sobre el que va a tratar la exposición y seguir con la introducción donde vuelve a nombrar el modelo de Bohr, a través de la experimentación con bicarbonato y vinagre. La segunda estudiante se refiere a los materiales, nombrándolos todos junto con la gramera y el “envase de vidrio”, que usaron 5g de bicarbonato, 48 ml de vinagre que luego convirtieron a gramos y procedieron a pesar el globo que tuvo una masa de 3g, explica que pusieron el globo con bicarbonato en la boquilla del recipiente con vinagre, lo dejaron caer y se generó una reacción con mucha efervescencia que infló el

globo. La tercera estudiante explica que esta reacción es conocida como una reacción de ácido-base donde al tener  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (vinagre) y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (bicarbonato) se da un gas producido que puede tener carbono y oxígeno, también agrega que luego se tomó el peso de la bomba con el gas y dio un valor de 4g, aumentando 1g con respecto a la anterior. La cuarta estudiante se encarga de explicar el proceso matemático iniciando con la masa del gas que estaba dentro del globo, siendo de 1g y que con el realizaron la multiplicación de la masa del oxígeno y la posterior división con la del carbono, obteniendo un resultado de 1.3, luego hicieron el mismo proceso pero con el doble de masa de oxígeno por los átomos que pensaban que tenían en el producto, dando un resultado de 2.6 para al final simplificarlo y tener una relación de 1:2 que les confirmaba que era  $\text{CO}_2$ . La quinta y última estudiante se encarga de dar las conclusiones destacando el valor del trabajo en grupo al momento de hacer estos experimentos, además de la importancia de analizar los materiales desde otros puntos de vista como el matemático. La exposición duró 6 minutos y 30 segundos.

En cuanto a las exposiciones de estos tres grupos, los tres manejan el nivel macroscópico porque describen muy bien todo el proceso para la producción del gas con las burbujas y la efervescencia; solo los grupos 5 y 6 manejan el nivel submicroscópico al relacionarlo con la teoría ácido-base pero no lo explican desde la teoría de Dalton, adentrándose también en el simbólico porque presentan las reacciones químicas del proceso y que los pueden guiar al proceso de obtener los átomos; el grupo 3 lo intenta pero lo confunde con modelos atómicos posteriores como el de Bohr ya que muestran órbitas circulares y electrones. El inconveniente es el proceso matemático porque solo el del grupo 6 se acerca a lo hecho por Dalton al momento de relacionar sus proporciones en la comparación de las sustancias.

Todos los grupos explican los procesos de sus situaciones desde el nivel de representación macroscópica, porque para ellos es más fácil de analizar las sustancias cuando pueden ser vistas, olfateadas y tocadas, apuntando hacia lo tangible (Jhonstone, 2000). Cinco grupos se acercan a los niveles submicroscópicos y simbólicos, la mayoría alejados de lo realizado por Jhon Dalton.

#### 6.4. Diario de campo:

Estas son observaciones generales de los progresos, dudas, explicaciones, participación de los estudiantes en sus respectivos grupos o individualmente en las discusiones suscitadas con la iniciativa del investigador.

##### 6.4.1. Por actividad y por grupos

6.4.1.1. Actividad 3: Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM sobre el modelo de Dalton (parte 1). Trabajo Macroscópico

| Grupo | Pregunta  | Orientación   |
|-------|---|---|
| 2     | Profe si se mezclan los ingredientes que sacamos de las preguntas ¿nos puede pasar algo malo? | No, estas situaciones fueron pensadas para realizarlas en cualquier contexto, sin necesidad de algún tipo de protección para su piel, ya que son reacciones que ocurren de manera natural y diariamente. Además, es bueno que dejen de llamarlo ingredientes porque no es una receta y empezar a llamarlos reactivos. |
| 4     | ¿Es necesario que se sigan los pasos del método científico?                                   | No, pero si deben pensar como grupo y con lógica lo que creen que deben hacer para poder responder cada situación desde el modelo atómico de Dalton.  |
| 6     | ¿Se debe hacer el dibujo de la mezcla de todos los  | No, la pregunta está en general y solo deben mirar cuales   |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | ingredientes del puntos c)? No lo tenemos muy claro                              | hacen parte de su situación problema para que puedan pensar en algún resultado. Recuerden que son reactivos.  |
| 7 | Profe si sumergimos el trozo de hierro ¿se demorará mucho en tener algún cambio? | Por ahora, solo deben pensar como grupo, lo que sucedería si realizan el paso a paso que han escrito, para que después puedan comparar con la verdadera reacción. |

Tabla 5. Diario de Campo (trabajo macroscópico)

6.4.1.2. De lo submicroscópico: por pregunta y por grupos de situaciones.

| <b>Grupo</b> | <b>Pregunta</b>   | <b>Orientación</b>   |
|--------------|---|--|
| 2            | Profe ¿en el modelo de Dalton se tienen órbitas?                              | El modelo de Dalton tenía como principio la medición de las masas para comparar los átomos de los compuestos, así que tengan en cuenta si realmente era necesario hablar de órbitas. |
| 3            | ¿Las masas usadas por Dalton eran las mismas que obtenía de sus experimentos? | Dalton realmente lo trabajó todo de manera experimental, teniendo en cuenta sus trabajos sobre los gases y si tenía en cuenta las masas, pero de los productos de la reacción.       |

Tabla 6. Diario de Campo (Trabajo submicroscópico)

6.4.1.3. De lo simbólico: por preguntas y por grupos de situaciones.

| <b>Grupo</b> | <b>Pregunta</b>  | <b>Orientación</b>   |
|--------------|--|--|
| 1            | Para el caso del listado con los elementos químicos ¿solo ponemos el símbolo o se debe hacer un dibujo del elemento? | Dalton intentó le dio una simbología propia a cada elemento de la época, les sugiero que a también intenten darle un símbolo con alguna forma a cada elemento que participa, de acuerdo con lo que van obteniendo y averiguando. |

|   |  |   |
|---|--|---|
| 8 | ¿Es necesario escribir la reacción química, teniendo en cuenta los reactivos mezclados? ¿O solo se pone la manera gráfica de los compuestos? | Pueden tomarla como una especie de referencia, pero le idea es que sean ustedes quienes realicen la manera gráfica para que no sea una copia y puedan darle respuesta a la pregunta de la situación.                          |
| 2 | ¿La organización de los átomos del punto c no es lo mismo que la representación gráfica del punto B?   | No, la representación gráfica es la manera de mostrar como sería la fórmula con simbolismos, mientras que la organización de los átomos ya va hacia la cantidad que hay de cada elemento y compuesto.                         |
| 7 | Al realizar la parte matemática nos dá una fracción que con calculadora da un número decimal ¿se debe poner todo el número?                  | La idea es mostrar la relación entre dos compuestos de la mejor manera, ya que en esa época no estaba acostumbrados a usar calculadora y muchas relaciones se escribían con : o con el /.                                     |
| 4 | Para escribir la fórmula del producto resultante ¿debe tener electrones?   | Deben tener en cuenta lo que se habló sobre el contexto de la época y los alcances de la ciencia en ese momento; además de centrarse en el modelo de Dalton que es con el que se ha venido trabajando desde la primer semana. |

Tabla 7. Diario de campo (trabajo simbólico)

#### 6.4.1.4. De la presentación grupal: infografías y videos (manejo instrumental de medición y relaciones)

A los grupos de estudiantes se les dio una semana para preparar las sustentaciones de las infografías y durante ese espacio en las horas de clase se les hacían recomendaciones tanto de fondo

como de forma, además de ir resolviendo algunas dudas relacionadas con las temáticas, los tiempos y las sustentaciones, teniendo en cuenta las siguientes:

| Grupo | Pregunta  | Orientación   |
|-------|---|---|
| 1     | ¿Profe dentro de la infografía deben ir imágenes?   | En lo posible si deberían hacerlo, debido a que allí recoge todo lo realizado durante las semanas de trabajo en el aula STEM.   |
| 3     | ¿Por qué se debe hacer en un programa de computador y no en una exposición escrita en papel periódico?  | La idea es que se puede evidenciar el manejo que ustedes hacen de las diferentes herramientas ofimáticas, teniendo en cuenta el grado en el que están y la técnica del colegio a la que pertenecen.   |
| 5     | ¿Es importante que incluyamos todos los números de las masas y los cálculos hechos o solo se puede presentar la infografía con las reacciones químicas? | Los cálculos son demasiado importantes para poder sustentar lo hecho en el aula STEM, ya que desde el principio se han medido las masas de las sustancias y lo obtenido; además todos los cálculos ayudan a sustentar las relaciones entre las sustancias que reaccionan.         |
| 7     | ¿Es necesario que estemos o que hablemos todos los participantes del grupo?   | Si es necesario e importante, ya que cada uno ha vivido la experiencia dentro del aula STEM y esto les ha generado unas ideas válidas que se deben compartir en grupo y en público. Además, como trabajo cooperativo, se puede complementar la idea que tenga otro compañero (a). |

|   |   |  |
|---|---|--|
| 8 | ¿Por qué hay un tiempo límite durante la exposición de las infografías? | Siempre es importante poner un límite para ser precisos con lo que se quiere y así evitar que se alarguen saliéndose del tema o con exceso de información en los análisis. |
|---|---|--|

Tabla 8. Diario de campo (Infografías)

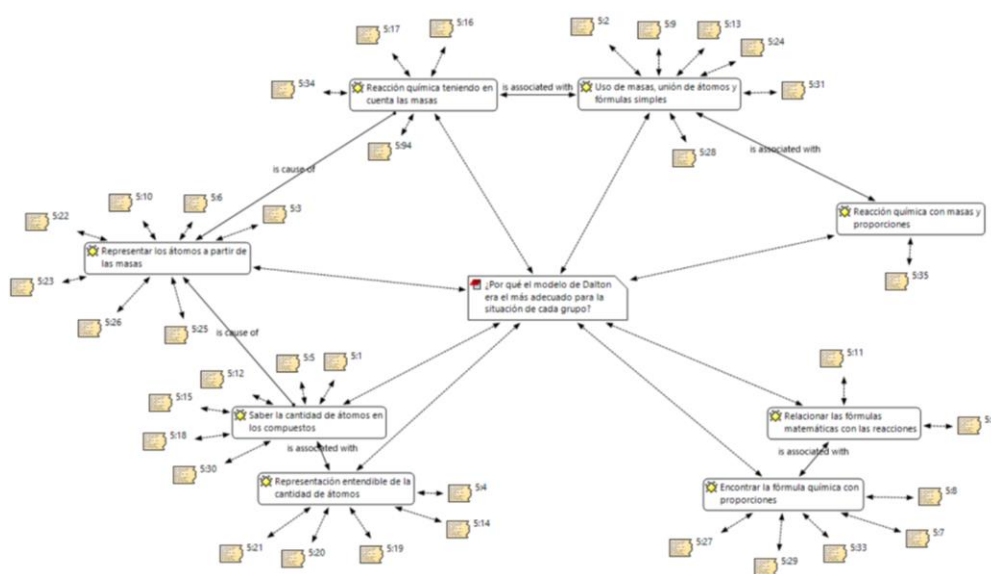
### 6.5. De las condiciones de salida

Para establecer estas condiciones de los estudiantes, se aplicaron los cuestionarios diseñados para la recolección de información en esta instancia de la investigación, tanto de manera individual como grupal.

#### 6.5.1. Del cuestionario individual (anexo 20)

Se obtuvieron 36 respuestas, cuyo tratamiento y análisis de estos se muestran en los gráficos No. 17, 18 y 19.

Gráfico 17. ¿Por qué el modelo de Dalton era el adecuado para cada grupo?



Para esta primera pregunta, 18 estudiantes se refieren a que este era el modelo más adecuado para las situaciones porque les permitió identificar la cantidad de átomos, repartidos en tres códigos: 1) representar los átomos a partir de las masas, 2) saber la cantidad de átomos en los compuestos, 3) representación entendible de la cantidad de átomos. Estos códigos se ubican en la parte inferior izquierda de la gráfica. Para el primero 7 estudiantes afirman que es el modelo adecuado, con comentarios (5.3) destaca que “nos ayuda a formular un compuesto representando sus átomos al usar la masa de los resultados del experimento”, dando a entender que se puede hallar el número de átomos de cualquier compuesto si se conoce la masa de sus sustancias. 6 estudiantes conforman el segundo código con comentarios (5.18) “su teoría nos confirma que un compuesto está formado por átomos gracias a reacciones químicas de separación, combinación o reordenamiento”, asume que con realizar algunas reacciones químicas se puede conocer la cantidad de átomos de un compuesto. Los restantes (5) tienen en cuenta el tercer código con comentarios como el 5.19 al destacar que puede representar los átomos del experimento del resultado entre el vinagre y bicarbonato para hacer el modelo más entendible, esta situación les facilitó comprender el modelo y sus procesos simbólicos. Aunque todos apelan a aportes de la teoría atómica de Dalton consignada en el marco referencial de este trabajo, el grupo que mejor relaciona el modelo es el primero, para ellos las masas, los átomos y sus representaciones son las gráficas asignadas a cada elemento.

Once estudiantes del total se refieren a que este modelo es el más adecuado por el uso reacciones químicas y fórmulas simples a partir de sus masas, repartidos en otros tres grupos de códigos: 1) uso de masas, unión de átomos y fórmulas simples, 2) reacción química teniendo en cuenta las masas y 3) reacción química con masas y proporciones. De estos códigos, el primero de ellos 6 estudiantes afirman en comentarios (5.2) que al usar la masa del compuesto del experimento se puede conocer la unión de

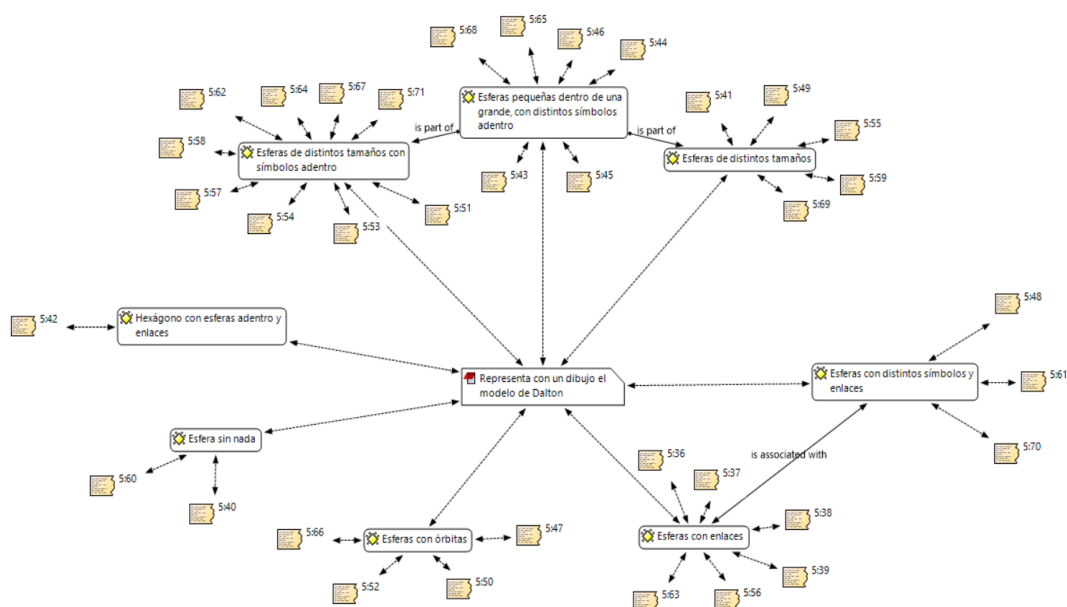
los átomos a partir de una fórmula matemática simple, que si se tiene la masa del producto, se puede determinar los átomos del mismo a partir de operaciones básicas como multiplicaciones y divisiones. El segundo código, 4 estudiantes, uno de ellos destaca (comentario 5.16) que los compuestos de una reacción química se pueden unir si se conocen las masas de estos, allí el estudiante se acerca al modelo de Dalton parcialmente al relacionar solo de la masa como eje central de la sustancia. El último código, un estudiante, afirma (comentario 5.35) que, al conocer la masa resultante de la reacción química, se pueden usar las proporciones para poder encontrar las partículas, relieves el uso de la matemática como eje central del cálculo científico. De estos grupos de códigos el más próximo a la teoría de Dalton es el primero: relaciona las masas con los átomos, omite el cálculo matemático para deducir la fórmula simple del compuesto, a su vez en la gráfica relaciona como causa central la masa en la representación gráfica de los átomos, sin tener en cuenta los cálculos y fórmulas.

Los últimos 7 estudiantes relatan que este es el modelo más adecuado para las situaciones por el uso de las fórmulas matemáticas y las proporciones, ellos están repartidos en dos códigos que son encontrar la fórmula química con proporciones y relacionar las fórmulas matemáticas con las reacciones. El primero de los códigos cuenta con 5 estudiantes donde uno de ellos en el comentario 5.7 resalta que se puede hallar la fórmula en cada experimento por medio del resultado en números enteros, dándole la mayor importancia al proceso matemático que a todo el desarrollo de estrategia científica; el segundo de los códigos tiene 2 estudiantes donde uno de ellos en el comentario 5.11 escribe que se pueden descifrar las fórmulas de las reacciones gracias a la matemática como Dalton lo pudo hacer, dando a entender que el investigar las reacciones químicas fue gracias a las fórmulas matemáticas, cuando el utilizó la matemática pero para conocer la cantidad de átomos en cada compuesto. Este grupo

de códigos gira en torno a lo racional y lo numérico sin darle la importancia debida a la parte científica e inventiva del modelo de Dalton.

En general se puede afirmar que de todos los códigos el que se refieren al uso de masas, unión de átomos y fórmulas simples es el más cercano al modelo de Dalton. Se destaca un progreso en los estudiantes, así algunos lo hicieran de manera superficial, relacionan lo realizado en la situación abordada con procesos científicos, matemáticos e ingenieriles. En comparación con los resultados de las preguntas 3 y 4 (anexo 3), la mayoría de ellos (27 estudiantes para una pregunta y 25 para la otra) no lo relacionaba con sus conceptos generales o sus factores.

Gráfico 18. Del modelo de Dalton



Para esta segunda pregunta del cuestionario individual, se observa que 20 estudiantes dibujan esferas de distintos tamaños con simbologías propias, los códigos que se refieren a estos resultados son 3: esferas de distintos tamaños con símbolos dentro, esferas pequeñas dentro de una grande y con símbolos dentro además del código de esferas con distintos tamaños, estos códigos están ubicados en la

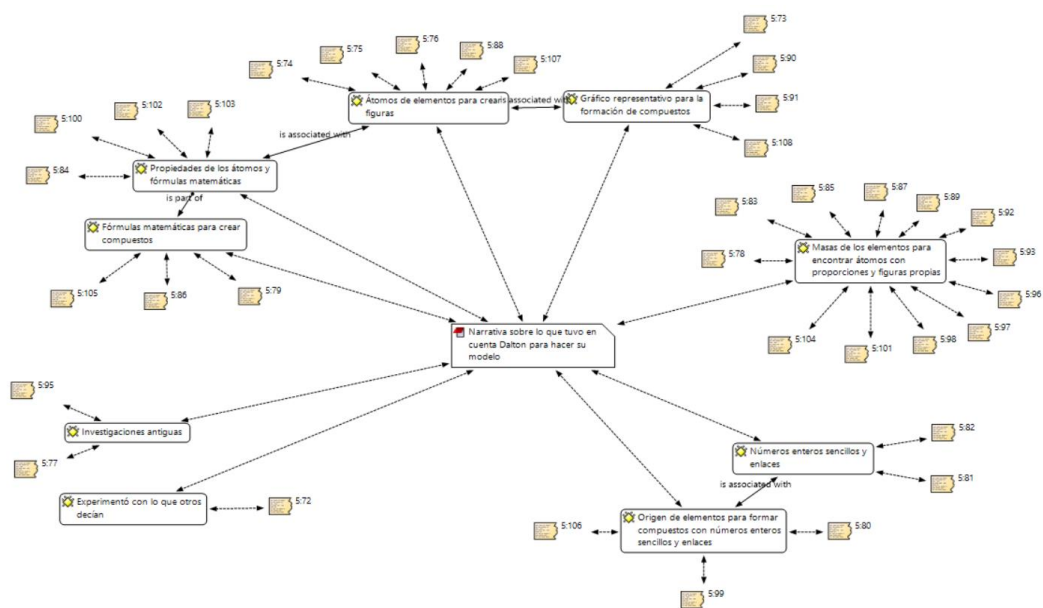
parte superior central del gráfico. Para el primero de estos 3 códigos se tienen 9 estudiantes que en los dibujos consignados en el anexo 21 hicieron esferas separadas con símbolos creados por ellos mismos para diferenciar los átomos que pertenecen a cada elemento, dándoles un toque distintivo aparte de su tamaño; el segundo de estos códigos tiene 6 estudiantes quienes hicieron una sola esfera grande y dentro le dibujaron varias pequeñas con su simbología propia dando a entender que ese era un solo compuesto que por dentro tiene distintos elementos; mientras que el tercero tiene 5 estudiantes y ellos solo realizaron esferas de distinto tamaño sin ninguna diferencia de símbolos, haciendo que se vean vacías. En ese sentido se puede decir que de estos 3 códigos, el primero de ellos es el que mejor relaciona el modelo de Dalton en un dibujo por darle simbologías propias, pero con el inconveniente de hacerlos separados y de no hacer referencia a la masa, aunque la diferencia de tamaño da a entender que tienen masa distinta; el último código es el más alejado de la teoría real de Dalton, pero el más cercano a los libros de texto porque sus dibujos se ven vacíos, como se ha argumentado en varios de los apartados de este trabajo.

El segundo grupo de códigos consta de 9 estudiantes teniendo en común que a sus dibujos les hicieron enlaces, ellos se dividieron en dos códigos que son: esferas con enlaces y esferas con símbolos y enlaces. El primero de estos códigos tuvo 6 estudiantes que hicieron sus esferas, pero las conectaron con enlaces, además que todas las hicieron iguales; en el segundo código se tienen 3 estudiantes que intentaron ponerle sus propios símbolos, pero confundieron el modelo al hacerle enlaces para unir los átomos. De estos dos códigos puedo decir que el segundo tiene aportes conceptuales de lo que hizo Dalton, pero en ambos casos tuvieron el problema de hacerle los enlaces que pertenecen a modelos posteriores al de Dalton, como se ha dicho en resultados anteriores en este documento.

El último grupo de códigos consta de 7 personas donde resultan tres códigos, pero todos diferentes y algunos de ellos están alejados de la visión de Dalton, ya que se codificaron como: esferas con órbitas, esferas sin nada y hexágono con esferas dentro con enlaces. Para el primero de ellos hay 4 estudiantes que representaron el átomo con órbitas similares a la hechas por Rutherford años después de Dalton. El segundo código tiene 2 estudiantes que dibujaron un solo átomo vacío y sin ningún tipo de conexión con las características del modelo, así como el último código del primer párrafo del análisis de esta gráfica. El último código solo tiene un estudiante quien hizo varios hexágonos y dentro le dibujó esferas con distintas formas, dando a entender que cada uno era un compuesto que se une con otro mediante enlaces; es muy válido que haya hecho su propia representación, pero con la falencia de hacerle enlaces que no son representativos del modelo de Dalton.

Al comparar esta segunda gráfica del cuestionario con la pregunta 3 del cuestionario inicial, se nota el avance en la mayoría de los estudiantes, ya que en este cuestionario de salida todos hicieron representaciones del modelo desde el nivel inicial que es realizar esferas, hasta niveles avanzados como darles su propia simbología y tamaño a cada una de ellas para diferenciar unos elementos de otros, si se pone en valores numéricos, puedo decir que 23 estudiantes están entre los niveles descritos anteriormente, mientras que en el cuestionario inicial, en la gráfica N° 3 solo un estudiante había hecho una esfera vacía, mientras que 14 de ellos no dibujaron ninguna representación. También hay que resaltar que en este cuestionario de salida todavía hay 13 estudiantes que lo confunden con modelos posteriores.

Gráfico 19. Narrativa sobre lo que tuvo Dalton en cuenta para hacer su modelo



En este gráfico se tienen 4 grupos grandes de codificaciones y 2 grupos pequeños porque solo tienen uno o dos estudiantes, lo que demuestra la diversidad de pensamiento después de realizar un trabajo grupal, en ese sentido empezaré con el grupo de códigos que más estudiantes tiene (12), que lleva por nombre: masa de los elementos para encontrar átomos con proporciones y figuras propias y se ubica en la parte derecha en el centro de la gráfica, los estudiantes hicieron narrativas que recogen todo lo nombrado anteriormente y demuestran toda la relación existente entre las distintas áreas trabajadas en STEM y que Dalton había usado en su trabajo pero que aún no estaba unido a la terminología; por ejemplo en el comentario 5.85 destaca que Dalton comprueba que los átomos diferentes tienen distinta masa y gracias a esto se pueden realizar proporciones matemáticas que permiten conocer la cantidad de átomos que tiene y así realizar su dibujo; este estudiante demuestra una buena capacidad para relacionar lo trabajado con lo hecho por Dalton, además de haber tomado las características esenciales del modelo y que se enuncian en el marco referencial de este documento.

El segundo grupo de códigos relaciona que Dalton tuvo en cuenta los átomos para poder realizar sus gráficos o figuras, esto fue apoyado por 9 estudiantes que se dividieron en dos grupos que son: átomos de elementos para crear figuras y gráficos representativo para la formación de compuestos; estos códigos se encuentran ubicados en la parte superior derecha de la gráfica. Para el primero de estos dos códigos se tienen 5 estudiantes donde uno de ellos en el comentario 5.75 afirma que los átomos de Dalton podían representarse en figuras y bolas que se pueden diferenciar, dándole una concepción simplista al modelo, ya que solo se basa en su forma y no en todo el trabajo que hizo tanto previo como en el momento de dar su teoría; el segundo grupo de estos códigos tiene 4 estudiantes donde en el comentario 5.108 se destaca que al tener en cuenta los gráficos de los elementos, pudo crear de manera rápida los compuestos; dejando de lado toda la parte matemática y científica que esto conllevó en su época.

El tercer grupo de códigos tiene 7 estudiantes que tienen en común que Dalton tuvo en cuenta las fórmulas matemáticas al momento de crear los compuestos de su modelo, ellos están repartidos en dos códigos llamados: propiedades de los átomos y fórmulas matemáticas, además de fórmulas matemáticas para crear compuestos; ambos se ubican en la parte superior izquierda de la gráfica. En el caso del primero de estos dos códigos, se tienen 4 estudiantes donde uno de ellos en el comentario 5.100 resalta que Dalton demostró que los átomos existen, siendo indestructibles e indivisibles a partir su fórmula matemática, ellos dan a entender que esas propiedades atómicas fueron el resultado de sus fórmulas matemáticas, dejando aparte el resto de su investigación; el segundo código tiene 3 estudiantes donde uno de ellos en el comentario 5.86 recalca que Dalton trató de crear compuestos creando una fórmula matemática, dando entender que solo gracias a este proceso mecánico fue que pudo crear los compuestos, sin tener otros procesos en cuenta.

El cuarto grupo de códigos tiene 5 estudiantes que tienen en común el pensar que los números entero y los enlaces para poder realizar su modelo atómico, ellos están divididos en dos códigos que son: origen de elementos para formar compuestos con números enteros sencillos y enlaces y otro que solo es números enteros sencillos y enlaces. En el primero de estos códigos hay 3 estudiantes en donde uno de ellos en el comentario 5.99 subrayan que tuvo en cuenta como se originaban los diferentes compuestos, a partir de otro relacionándose con números enteros y sus enlaces covalentes; dando a entender que en esa época (Principios del siglo XIX) ya se habían investigado los electrones, pero eso sucedió después, además de darle la mayor preponderancia a la parte matemática. El segundo de estos códigos tiene 2 estudiantes donde uno de ellos en el comentario 5.82 se refiere a que Dalton tuvo en cuenta que los números tenían una relación de números enteros sencillos y de enlaces iónicos para representar los compuestos por medio de círculos; nombrando de nuevo otro tipo de enlace que no se relaciona con el modelo junto con la simplificación del trabajo de Dalton al dejarlo solo en un relación de números sencillos.

Los dos grupos de código pequeños que quedan llevan por nombre en sus códigos: investigaciones antiguas y experimentó con lo que otros decían, donde el primero de estos códigos tuvo 2 estudiantes donde uno de ellos afirma en el comentario 5.95 que toma en cuenta los filósofos antiguos y la experimentación de los gases para formar el modelo dando un gran avance para la ciencia, en ese sentido este estudiante le da una visión histórica porque ha sido el único que trae el estudio de los gases como uno de los conceptos que tuvo en cuenta para crear su modelo.

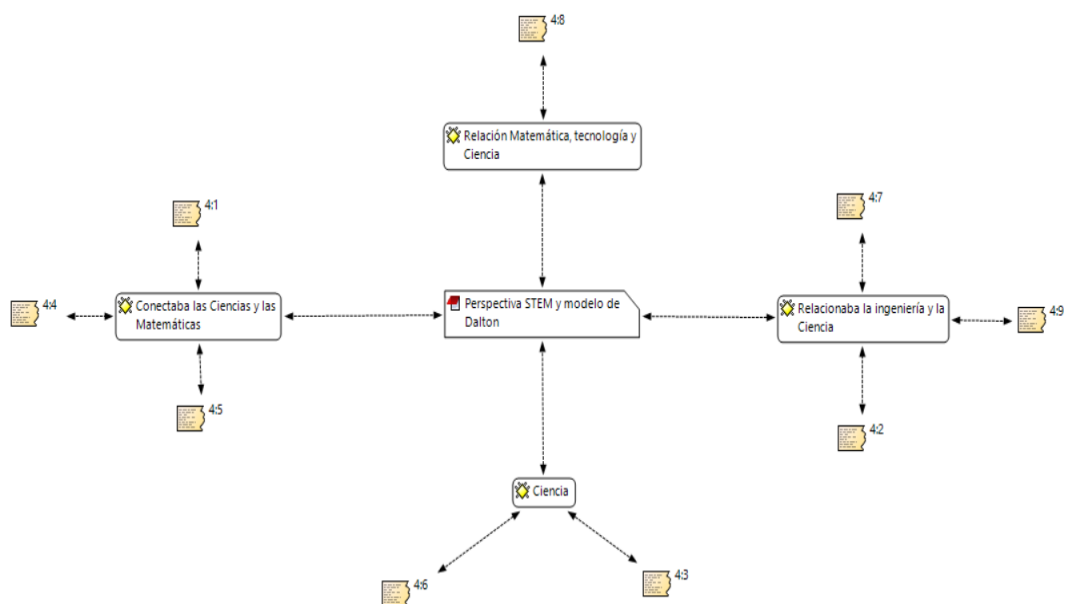
Al comparar todos los resultados de la gráfica puedo decir que el primero de todos los códigos (12 estudiantes) es el que mejor relaciona los conceptos que tuvo en cuenta, ya que tiene en cuenta la masa de las sustancias, la obtención de los átomos y las representación de estos con las proporciones

entre ellos; además hay que destacar que 34 de los 36 estudiantes conocían lo que necesitó Dalton para su modelo, así no todos sean desde el punto histórico, ya que solo 1 lo hizo. Lo otro resaltable es que si se revisa el cuestionario inicial individual también se nota un avance en los estudiantes, ya que en las gráfica N° 4 la mayoría se lo atribuían a modelos anteriores y a la tabla periódica, aunque como se pudo observar en este cuestionario de salida, aún hay estudiantes (2) que afirman que fué por investigaciones antiguas, refiriéndose a los principios griegos que no se pueden clasificar como modelos, porque se basaban en descripciones, hipótesis y argumentaciones desde las deducciones lógicas (Pérez, 2020), además que lo dejan como si se hubiera copiado, olvidando todo el trabajo realizado para comprobar su teoría.

### **6.5.2. Grupal**

Están consignadas en el anexo 20 y se realizaron dos preguntas para cada uno de los grupos de trabajo, porque recogen lo realizado en la experiencia del aula STEM, además que busca conocer que tanta relación encontraron los grupos con el modelo de Dalton y las situaciones realizadas.

Gráfico 20. Perspectiva STEM y modelo de Dalton



En esta primer pregunta, los códigos que más se presentan en cuanto al modelo de Dalton desde la perspectiva STEM son los que dicen conectaba con las Ciencias y las matemáticas y relacionaba la ingeniería y la Ciencia, cada uno con tres grupos de trabajo; en el caso del primer código nombrado, en sus comentarios los estudiantes destacaban que las áreas con el enfoque STEM, se conectaba mejor con las Ciencias y las matemáticas, donde por ejemplo el grupo 4 dice en el comentario 4.4 que esto sucede cuando Dalton explica su modelo con átomos redondeados y con su simbología propia junto con el cálculo de las proporciones que hacían que se unieran formando compuestos, mientras que el grupo 1 con el comentario 4.1 señalaban que había matemática desde el momento donde se pesaban las sustancias y se unía con la ciencia cuando se veían las reacciones entre ingredientes. En el caso del segundo código nombrado, los grupos 2 y 7 en sus comentarios 4.2 y 4.7 respectivamente, afirmaban que su relación se veía cuando Dalton pensó en todos los gráficos hechos para dar a conocer los elementos y se juntaba con la Ciencia cuando formuló sus reacciones químicas para los compuestos.

Otro de los códigos con varias respuestas grupales es el de Ciencia, donde los grupos 3 y 6 en los comentarios 4.3 y 4.6 dicen que todo se basaba en mostrar un modelo que explicara los principios de los griegos. El código que relaciona matemática, tecnología y ciencia con un solo grupo que es el 8 con el comentario 4.8 afirman que la matemática la manejaron con sus fórmulas, la tecnología con el uso de la balanza y la biológica o científica con las mezclas de las sustancias y compuestos.

En ese sentido, solo un grupo (el 8) fue el que más relacionó las áreas STEM con lo que conocieron y entendieron del modelo de Dalton, porque el enfoque STEM permite tener una aproximación a un fenómeno, de una manera integrada, como se muestra en la naturaleza (Useche & Vargas, 2019b), en ese sentido puedo decir que Dalton fue uno de los científicos que desde su época analizó el proceso de la formación de las sustancias con las herramientas de este enfoque sin saberlo. 6 grupos apreciaron dos áreas afines y solo 1 sigue con la idea que el modelo solo es de la Ciencia.

Gráfico 21. Relación STEM y prácticas de laboratorio



En cuanto a la pregunta sobre la relación entre el enfoque STEM y las prácticas de laboratorio, se tiene que 3 de los 9 grupos afirman que es de resolución de problemas, ya que en comentarios como el 4.17 y 4.13 de los grupos 8 y 4 respectivamente, dicen que la organización de los mapas conceptuales al inicio de la situación les permitió tener un camino de prueba y error para llegar a las reacciones entre las sustancias y sus proporciones; en ese sentido se cumple lo que busca el enfoque STEM porque, busca que los estudiantes conozcan con certeza las cuestiones científicas (Casal, 2019), aun cuando no se llegue a profundizar en todos los aspectos de la misma, pero teniendo la oportunidad de cambiar su forma de pensar respecto a la manera cómo funciona la ciencia.

La codificación de aplicación de experiencias tuvo 2 de los 9 grupos quienes en los comentarios 4.18 y 4.12 de los grupos 9 y 3 respectivamente, afirman que permite duplicar los trabajos de los científicos con herramientas actualizadas y con resultados similares, aunque a veces se les compliquen la escritura de las reacciones químicas; lo anterior da a entender que estos grupos simplifican el trabajo y el rigor científico ya que se lo atribuyen a que en su época los científicos se demoraban en sus resultados al no tener la tecnología necesaria o avanzada.

Luego aparecen 4 códigos que solo tienen un grupo cada uno, donde se habla de combinación y entendimiento, el grupo 1 se refiere a combinación con el comentario 4.10 cuando dice que gracias al aula STEM pudieron realizar la mezcla de ingredientes comunes que no sabían que podían reaccionar de esa manera; este grupo lo dice porque generalmente en la institución educativa no se realizan muchas prácticas de laboratorio por exceso de estudiantes, falta de material o de recursos para actualizar los reactivos; mientras que el grupo 2 en el comentario 4.11 afirma que con ayuda del aula entendieron que al tener el peso de una sustancia y mezclarla con otra, pudieron obtener nuevos productos que no sabían que no eran peligrosos para ellos y que les gustaría hacerlo en casa. Otros códigos que también tuvieron

un solo grupo eran los de trabajo grupal e incentivar el trabajo investigativo, donde por ejemplo el grupo 5 en su comentario 4.14 se refiere al primero de ellos al decir que al conseguir entre todos los ingredientes y organizar el trabajo dentro del aula, no hubiera podido hallar el camino para hacer las operaciones matemáticas porque entre todos aportaron en las multiplicaciones y divisiones; en ese sentido el enfoque STEM contribuye a eliminar las barreras entre los estudiantes, debido a que las implementaciones escolares típicas permiten establecer metas del grupo y responsabilidades (Schulz, 2016), que les permiten razonar en pro del grupo. El grupo 6 se refiere al segundo de estos dos códigos finales cuando en su comentario 4.15 afirman que el tener la situación del vinagre, el bicarbonato y la bomba los hizo buscar en internet sobre la reacción y el modelo de Dalton para intentar entenderlos, ya que son muy enredados para nosotros, dando a entender que les tocó valerse de otra herramientas aparte de las explicaciones del docente y lo visto en los años de estudio para intentar relacionarlos, porque siempre han visto los modelos con fechas y características, pero no de manera vivencial.

Al comparar los resultados de esta prueba de salida grupal con las pruebas de ingreso, se puede ver que cada uno de los grupos registran un avance y son más conscientes de todo el trabajo, junto con los procesos que tuvo que experimentar John Dalton para comprobar su modelo y así darlo a conocer a la comunidad científica, esto basándome en la pregunta 4 del cuestionario de entrada grupal donde 5 grupos de los 9 afirmaba que Dalton había tenido en cuenta factores como los modelos antiguos o las partículas cuando ellas aún no eran investigadas.

## 7. CONCLUSIONES

Los resultados y análisis realizados de este trabajo investigativo permiten afirmar que:

La información producida en esta investigación constituye un aporte fundamental para comprender la relación del trabajo en el aula STEM y la formación técnico-científica en química de los estudiantes de educación media con los que se desarrolló el trabajo propuesto. La formación científica de los estudiantes al iniciar el trabajo investigativo no les permitía mostrar lo histórico de la construcción de los conceptos de la química como ciencia. En el diseño de la estrategia didáctica, este factor se reconoce como fundamental para la comprensión real de los conceptos de las ciencias en esa formación científica en sus distintas etapas de educación, en especial en el nivel medio.

En general, el análisis de la información recolectada por las distintas pruebas aplicadas y las elaboraciones realizadas por los estudiantes en forma individual o en grupos, muestra que las dificultades para abordar las situaciones problemáticas propuestas desde la perspectiva STEM, algunas fueron progresivamente superadas, otras parcialmente y otras se mantuvieron sin modificación de lo mostrado en las condiciones intelectuales de inicio.

En cuanto a la aproximación al modelo atómico de Dalton, esos resultados resaltan un progreso de los estudiantes en la modelación para explicar el fenómeno químico que abordan las situaciones problemáticas propuestas, una de las características de la formación de pensamiento científico. Por otro lado, las infografías y sus exposiciones muestran que la indagación de información complementaria necesaria para asumir los retos a que los enfrenta las distintas situaciones se convirtió, para este grupo de estudiantes, en un proceso normal de trabajo en esta modalidad de trabajo en el ámbito STEM.

Las actividades que incluye el trabajo en el aula STEM en acuerdo con las que incluye la estrategia didáctica y desarrolladas por los estudiantes durante el proceso investigativo, son de alto nivel

de complejidad en cuanto a la multiplicidad de relaciones y procesos matemáticos, de medición y utilización de instrumentos de diferentes tecnologías, que se han de desarrollar para dar cuenta de la situación problemática trabajada, se constituyeron en escenarios retadores apropiados para el desarrollar habilidades cognoscitivas de los estudiantes, alternativa sustitutiva de la de seguir algoritmos (guías de laboratorio habituales) que conducen a un aprendizaje superficial (Chica et al., 2023).

## 8. ANEXOS

### Anexo 1

#### Vicerrectoría de Gestión Universitaria

#### Subdirección de Gestión de Proyectos – Centro de Investigaciones CIUP

#### Comité de Ética en la Investigación

En el marco de la Constitución Política Nacional de Colombia, la Ley Estatutaria 1581 de 2012 “Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales” y la Resolución 1642 del 18 de diciembre de 2018 “Por la cual se derogan las Resoluciones N°0546 de 2015 y N° 1804 de 2016, y se reglamenta el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Pedagógica Nacional y demás normatividad aplicable vigente, se ha definido el siguiente formato de consentimiento informado para proyectos de investigación realizados por miembros de la comunidad académica considerando el principio de autonomía de las comunidades y de las personas que participan en los estudios adelantados por miembros de la comunidad académica.

Lo invitamos a que lea detenidamente el Consentimiento informado, y si está de acuerdo con su contenido exprese su aprobación firmando el siguiente documento:

#### PARTE UNO: INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

|   |  |
|---|--|
| <b>Título del proyecto de investigación</b> | <b>Aproximación al modelo atómico de Dalton desde una perspectiva STEM</b>   |
| <b>Resumen de la investigación</b>          | El trabajo de investigación busca establecer la relación entre el modelo atómico de Dalton y el Aula STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) que se encuentra dentro de la institución educativa; para llevar a cabo el proceso para lo cual se necesitan conocer las ideas de los estudiantes, la calidad de su trabajo grupal, pero sobre todo la actitud para aprender y posibilitar su aprendizaje |

|  |   |          |            |
|--|---|----------|------------|
|  | <p>más allá de sus propias intenciones. Es por ello por lo que esta investigación se realizará en las horas de clase entre 2 y 3 semanas con una intensidad de 4 horas semanales por medio de escritos, dibujos, infografías y entrevistas individuales o grupales.</p>                                     |          |            |
| <b>Descriptor claves del proyecto de investigación</b>                             | Modelo atómico de Dalton, STEM y TICs   |          |            |
| <b>Descripción de los posibles beneficios de participar en el estudio.</b>         | Se espera que los estudiantes participantes de la investigación mejoren sus habilidades de inferencia, su trabajo en equipo y sobre todo para que tengan la oportunidad de manejar nuevas herramientas TICs y de las ciencias con un aprendizaje significativo en relación con el modelo atómico de Dalton. |          |            |
| <b>Mencione la forma en que se socializarán los resultados de la investigación</b> | Se hará mediante un artículo que se publicará en una revista especializada a nivel nacional o internacional y como parte del desarrollo de una tesis de Maestría.   |          |            |
| <b>Explícite la forma en que mantendrá la reserva de la información</b>            | Los datos obtenidos en la investigación solo se usarán con fines académicos y se mantendrá el anonimato con una codificación para cada participante.  |          |            |
| <b>Datos generales del investigador principal</b>                                  | Nombre(s) y Apellido(s): Hernán José Rodríguez Orejuela   |          |            |
|  | N° de Identificación: 1075275307  | Teléfono | 3102209628 |
|  | Correo electrónico: <a href="mailto:hjrodriguez@upn.edu.co">hjrodriguez@upn.edu.co</a>  |          |            |

## **PARTE DOS: CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo: \_\_\_\_\_ Identificado con Cédula de Ciudadanía \_\_\_\_\_,  
en representación de \_\_\_\_\_ con número de identificación  
\_\_\_\_\_.

### **Declaro que:**

1. He sido invitado a participar en la investigación y de manera voluntaria he decidido hacer parte de este estudio.

2. He sido informado sobre los temas en que se desarrollará el estudio, han sido resueltas todas mis inquietudes y entiendo que puedo dejar de participar en cualquier momento si así lo deseo.

3. Sobre esta investigación me asisten los derechos de acceso, rectificación y oposición que podré ejercer mediante solicitud ante el investigador responsable, en la dirección de contacto que figura en este documento.

4. Conozco el mecanismo mediante el cual los investigadores garantizan la custodia y confidencialidad de mis datos.

5. La información obtenida de mi participación será parte del estudio y mi anonimato se garantizará. Sin embargo, si así lo deseo, autorizaré de manera escrita que la información personal o institucional se mencione en el estudio.

6. Autorizo a los investigadores para que divulguen la información y las grabaciones de audio, video o imágenes que se generen en el marco del proyecto y que no comprometan lo enunciado en el punto 4.

En constancia, manifiesto que he leído y entendido el presente documento.

Firma, \_\_\_\_\_

Nombre del participante (si aplica), \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Identificación: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Domicilio en la ciudad de: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_

Teléfono y N° de celular: \_\_\_\_

Correo electrónico: \_

*La Universidad Pedagógica Nacional agradece  
sus aportes y su decidida participación*

## Anexo 2

### MALLA CURRICULAR - SEDE EDUCATIVA: San Sebastián

NIVEL DE EDUCACIÓN: BÁSICA PRIMARIA

BÁSICA SECUNDARIA

MEDIA TÉCNICA

ÁREA: Ciencias Naturales y Ed. Ambiental

GRADO: Décimo

EJE TEMÁTICO / ÁMBITO: Químico y Físico

PERIODO Nro. 02

TIEMPO: Del 08 de Abril al 14 de Junio de 2022

| ESTÁNDARES BÁSICOS DE COMPETENCIAS   | SUBPROCESOS   | DERECHOS BÁSICOS DE APRENDIZAJE  | CONTENIDOS CURRICULARES  | INDICADORES DE DESEMPEÑO   | ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS  |
|--|---|--|--|--|--|
| <p>Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico.</p> <p>Explico las fuerzas entre objetos como interacciones debidas a la carga eléctrica y a la masa.</p> <p>Utilizo modelos biológicos, físicos y químicos para explicar la transformación y conservación de la energía.</p> | <p>Explico la estructura de los átomos a partir de diferentes teorías.</p> <p>Explico la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que realiza.</p> <p>Uso la tabla periódica para determinar propiedades físicas y químicas de los elementos.</p> | <p>Comprende, que el reposo o el movimiento rectilíneo uniforme, se presentan cuando las fuerzas aplicadas sobre el sistema se anulan entre ellas, y que en presencia de fuerzas resultantes no nulas se producen cambios de velocidad.</p> <p>Comprende la conservación de la energía mecánica como un principio que permite cuantificar y explicar diferentes fenómenos mecánicos: choques entre cuerpos, movimiento pendular, caída libre, deformación de un sistema masa-resorte.</p> <p>Comprende que los diferentes mecanismos de reacción química (oxido-reducción, descomposición, neutralización y precipitación) posibilitan</p> | <p><b>COMPONENTE QUIMICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos atómicos (Pre cuánticos y cuánticos)</li> <li>La tabla periódica (elementos y periodicidad química)</li> <li>Enlaces químicos.</li> </ul> <p><b>COMPONENTE FÍSICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajo</li> <li>Potencia y energía.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Formulo preguntas específicas sobre una observación o experiencia y escojo una para indagar y encontrar posibles respuestas.</li> <li>Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas.</li> <li>Registro mis resultados en forma organizada y sin alteración alguna.</li> <li>Establezco diferencias entre descripción,</li> </ul> | <p><b>TRANSVERSALIZACION PROYECTO DE GESTION Y RIESGO ESCOLAR</b></p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Participar activamente en las brigadas de prevención y evacuación de desastres.</li> </ul> <p><b>TRANSVERSALIZACION PROYECTO DE APROVECH. DEL TIEMPO LIBRE</b></p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Apoyo y acompañamiento en inter-cursos, Intercolegiados y campeonatos deportivos en las diferentes competencias; futbol, ajedrez etc.</li> </ul> <p><b>TRANSVERSALIZACION</b></p> |

|  |  |   |  |  |   |  |
|--|--|---|--|--|---|--|
|  |  | la formación de compuestos inorgánicos. |  | <p>explicación y evidencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúo la calidad de la información, escojo la pertinente y doy el crédito correspondiente.</li> <li>• Establezco relaciones causales entre los datos recopilados.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sacar información de la tabla periódica para resolver problemas.</li> <li>• Realizar evaluaciones sobre los modelos atómicos, la tabla periódica y los enlaces.</li> </ul> | <p><b>CATEDRA HUILENSIDAD</b></p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de instrumentos, trajes y elementos decorativos de las carrozas con materiales reciclables.</li> </ul> <p><b>TRANSVERSALIZACION PROYECTO DE DEMOCRACIA</b></p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elegir el líder ambiental en cada grado.</li> <li>• Brindar los espacios para la socialización de las propuestas ambientales de los candidatos a contraloría y personería.</li> </ul> <p><b>TRANSVERSALIZACION PROYECTO ED. SEXUAL</b></p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconozco mi cuerpo y me acepto tal cual como soy.</li> </ul> <p><b>TRANSVERSALIZACION PROYECTO ED. AMBIENTAL</b></p> |
|--|--|---|--|--|---|--|

|  |  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  | <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuidado y mantenimiento de zonas verdes.</li> <li>• Capacitación para la recolección de residuos sólidos.</li> <li>• Participación en la recolección de residuos sólidos reciclables (papel y plástico).</li> </ul> <p><b>TRANSVERSALIZACION<br/>EN EDUCACION VIAL</b></p> <p>Actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconoce las señales de tránsito asociadas a la zona escolar.</li> <li>• Conoce las normas de tránsito municipales y el manejo del espacio público.</li> </ul> |
|--|--|--|--|--|--|---|

### Anexo 3

#### **Actividad: Entrevista individual y grupal para conocer las ideas iniciales sobre el modelo de Dalton**

Objetivo General: Identificar sus concepciones alternativas sobre los modelos atómicos.

Objetivo Específico: Indagar las concepciones alternativas de cada uno de ustedes y luego de manera grupal, con relación al modelo atómico de Jhon Dalton.

Con esta actividad se pretende conocer las ideas de cada grupo de estudiantes, sobre la modelización y los modelos atómicos; especialmente el creado por Jhon Dalton.

Contenidos:

- Modelos Atómicos
- Modelo propuesto por Jhon Dalton

Se quiere que.....

- a) Se proceda a contestar un cuestionario donde se indaga y se analizan las concepciones que tiene cada uno de ustedes, sobre modelización y discontinuidad de la materia; constando de tres fases:
  - Primero mediante un cuestionario inicial (individual), para lo que tendrán alrededor de media hora (30 minutos).
  - Segundo el mismo cuestionario, pero se van a reunir por grupos de trabajo y van a sacar una sola idea que los represente (15 minutos).
  - Tercero realizando una entrevista grupal (de ser necesaria), potenciando al máximo las prácticas dentro del Aula STEM.

El cuestionario se responderá de manera individual y grupal en una hoja impresa y también se hará mediante una grabación (para la entrevista).

- b) Responda las siguientes preguntas de manera consciente y teniendo en cuenta sus años anteriores de estudio.

Preguntas (Cuestionario Inicial):

- a) Desde el punto de vista de las Ciencias ¿Qué significado le asignas a la palabra modelo?

---

---

---

---

---

---

---

b) De acuerdo con lo visto en sus años anteriores; enuncie los modelos atómicos formulados.

---

---

---

---

---

---

c) ¿Qué puedes afirmar acerca del modelo atómico propuesto por Dalton? Haga una representación gráfica del modelo.

d) ¿Qué factores tuvo en cuenta Dalton para formular su modelo atómico?

---

---

---

---

---

---

## Anexo 4

### Actividad N° 1: Aproximación a STEM

#### 1. Conocimiento del Aula STEM y formación grupal

##### Objetivos:

- Reconocer las características que integra el enfoque y el aula STEM, además de su relación con los distintos espacios en los que se puede desarrollar.
- Identificar y relacionar los materiales e instrumentos con los que cuenta el Aula STEM para aprovechar al máximo su uso cotidiano.

Con esta actividad se pretende que ustedes se aproximen a las herramientas y procesos que conforman el grupo al modelo, sistema o concepto STEM y consecuencia organizar los grupos de trabajo. Lo otro que se quiere es conceptualizar y modelizar el trabajo de los contenidos de la ciencia desde la tecnología, matemática y la ingeniería, teniendo en cuenta la vida diaria.

##### Contenidos:

- Estructura de un Aula STEM
- Concepto STEM desde el modelo atómico de Dalton

##### Se quiere que.....

- Formen 9 grupos de 4 personas por ser en total 36 estudiantes.
- Cada uno de los ustedes busquen sobre: ¿De qué trata el enfoque y el aula STEM?. Anotar y llevar ideas para sustentar en clase.
- De los distintos instrumentos que se tienen dentro del aula y que les mostraré en un recorrido por la misma, por grupo deberán anotar 5, apoyado en el formato anexo a continuación, para poder indagar sobre el uso de estos o también para realizar una exposición con la infografía de uno de estos instrumentos.

| Nombre del Instrumento | Función: ¿Qué mide? | Representación |
|------------------------|---------------------|----------------|
|                        |                     |                |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |



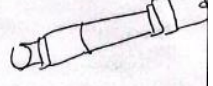

A medida que ustedes vayan viendo los instrumentos, pueden ir haciendo una lista de los más interesantes y también ir indagando sobre los usos.

Al final de las sesiones se colgarán dentro del aula, los mejores trabajos o infografías para que así siempre que entren, puedan recordar su uso y saber aprovecharlo en cada práctica.

## Anexo 5

### Imágenes de la Aproximación a STEM


- Grupo 1

| Nombre del Instrumento      | Función: ¿Qué mide?                                 | Representación  |
|-----------------------------|---|---|
| Pulse™ Components Set       | Es un Robot se mueve y toma imágenes                |    |
| OHX QX7 "Microscopio"       | Microscopio electrónico con elementos microscópicos |    |
| Pasco Scientific            | tiene cara de sigamillo                             |  |
| Wireless force acceleration | no se, algún componente o parte de algo             |  |





- Grupo 2

| Nombre del Instrumento | Función: ¿Qué mide?                        | Representación   |
|------------------------|--|--|
| control                | para controlar algún mecanismo electrónico |     |
| Kit de electrónica     | Armar circuitos electrónicos               |    |
| calentador             | para calentar los tarros de cristal        |   |
| Tarrito de cristal     | medir la cantidad de líquido               |  |



- Grupo 3



| Nombre del Instrumento             | Función: ¿Qué mide?   | Representación  |
|------------------------------------|---|---|
| Dispensador de gotas               | Mide la cantidad de gotas de líquido que caen por la abertura rectangular del sensor  |    |
| Controlador y Preceptor TX Gamepad | Es un protocolo de comunicación común en el mundo de la electrónica, se utiliza por controladores para comunicar información    |    |
| Voltaje inalámbrico                | Se basa en el uso de un campo magnético generado por una corriente eléctrica para inducir una corriente en un segundo conductor |  |
| Cilindro graduado                  | Es una pieza común de equipos para laboratorios, se utiliza para medir volumen de un líquido                                    |  |

- Grupo 4

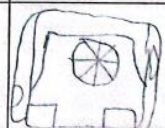
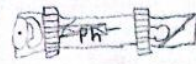
| Nombre del Instrumento                | Función: ¿Qué mide?                       | Representación  |
|---------------------------------------|---|---|
| Estome System                         | Para poner contenedores de química        |    |
| Control                               | Mover algo rotativo                       |    |
| Medidor de carbon                     | Mide el carbon y es recargable            |  |
| Medidor de masa, movimiento o energía | Mide muchas cosas se le llena de líquidos |  |



### Grupo 5

| Nombre del Instrumento | Función: ¿Qué mide?  | Representación  |
|------------------------|--|---|
| Mini Hotplate          | Esta función es para calentar cosas.<br>Mide la temperatura. |  |
| Posco wireless voltage | Mide el voltaje.   |  |

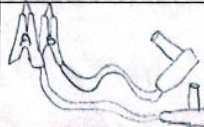

|              |                                |   |
|--------------|--------------------------------|---|
| Tetix prime. | es un robot                    |  |
| Norm-ject    | para guardar o mantener cosas. |  |



### Grupo 6

| Nombre del Instrumento | Función: ¿Qué mide?  | Representación  |
|------------------------|--|---|
| Sensor de movimiento   | Detecta personas a largo alcance y cosas a corto alcance.    |  |
| Ph                     | Su función es sacar toda la suciedad del agua y purificarla. |  |

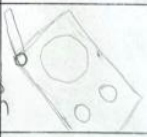

|             |   |   |
|-------------|---|---|
| Colorimetro | Identifico el color para tener un conocimiento más objetivo de este.    |  |
| Microscopio | Aquel en el que se ponen las muestras para conocer más de su contenido. |  |


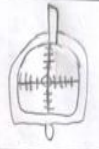
### Grupo 7

| Nombre del Instrumento                   | Función: ¿Qué mide?   | Representación  |
|--|---|---|
| Cable de medición de Voltaje (polimetro) | ayuda al polimetro a calcular el voltaje, resistencia y potencia. |  |
| Sensor wireless Voltage                  | ayuda a detectar el voltaje en los dispositivos electrónicos.     |  |




|                              |   |   |
|------------------------------|---|---|
| Cargador                     | darle energía a un aparato electrónico.                           |  |
| Recipiente para fotosíntesis | ecosistema de plantas que ayuda a la fotosíntesis de las plantas. |  |

### Grupo 8

| Nombre del Instrumento | Función: ¿Qué mide?   | Representación  |
|------------------------|---|---|
| Máquina Magnética Iman | los grados y gravedad de algo magnético, las revoluciones por min del Iman. |  |
| Control                | Envía señal a un dispositivo, o maneja alguna máquina.                      |  |

|                   |                                |   |
|-------------------|--------------------------------|---|
| Carro             | carro inteligente inalámbrico. |  |
| bascula magnética | Pesar o medir el Iman.         |  |

## Grupo 9

| Nombre del Instrumento         | Función: ¿Qué mide?                 | Representación  | conjunto de mecanismo | puede conectarse a un computador y llevar a cabo diferentes funciones por medio de sensores. |  |
|--------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------|--|---|
| Camilo inteligente inalámbrico | mover cosas, funciona con bluetooth |  | tubo de experimentos  | Sirve para medir diferentes elementos y observar su reacción.                                |  |

## Anexo 6

### Actividad: Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM sobre el modelo de Dalton.

#### Objetivos

- ✓ Identificar los tipos de procesos usados de manera grupal para resolver situaciones de un trabajo práctico relacionadas con el Aula STEM y el modelo atómico de Dalton.

Con esta actividad se pretende que cada grupo de trabajo, durante cada sesión de clase, a partir de todos los materiales encontrados en el aula STEM y el conocimiento que tienen sobre el modelo de Dalton, puedan identificar las reacciones desde lo macroscópico con el fin entender lo hecho por Jhon Dalton para obtener la fórmula de cada uno de los compuestos y sus clasificaciones.

#### Contenidos:

- Práctica Aula STEM
- Trabajo Cooperativo

#### Proceso:

- Un representante de cada grupo de trabajo pasará al frente y de una bolsa negra escogerá un pin pon o balota de color verde, rojo o blanco.
- El color obtenido del pin pon o balota les dará una pregunta problema así:

| Color de la balota | Pregunta   |
|--------------------|--|
| Rojo               | ¿Qué pasa al cabo de varios días si se cae un trozo de metal a un vaso con agua oxigenada?   |
| Verde              | Cuando se agrega bicarbonato de sodio a una solución de vinagre, se desprende un gas ¿Podría llenar una bomba con ese gas? ¿Qué tipo de gas puede inflar la bomba? |
| Blanco             | ¿Qué reacción puede ocurrir si se desecha la cáscara de los huevos con vinagre?  |

### PRIMER SESIÓN (2 HORAS)

La primera hora de la sesión se va a enfocar en la parte macroscópica y la manera como podrían resolver la situación presentada; para esto cada grupo deberá pensar en:

- **Antes de realizar el trabajo práctico**

a) Anotar lo que conocen sobre la información que tienen de este fenómeno

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

b) ¿Cuál es el proceso por el cuál intentarían resolver la pregunta mediante un trabajo práctico? Mostrar el proceso en un diagrama de flujo, estipulando los materiales a usar.

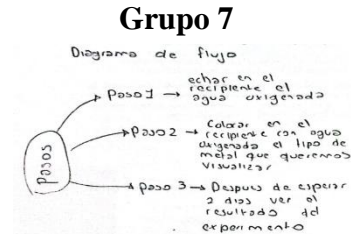
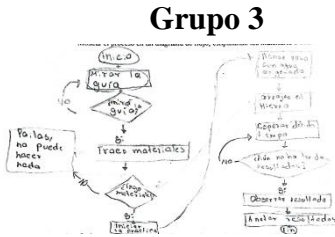
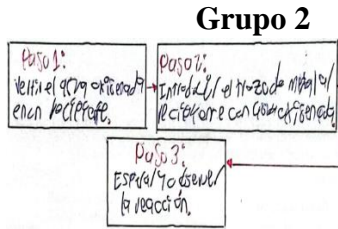
c) ¿Qué ocurriría si se ponen en contacto el clavo con el agua, el bicarbonato con el vinagre o la cáscara con el vinagre? Realicen un dibujo que lo represente. Esta pregunta la responden dependiendo de la situación que hayan obtenido con la balota.

**NOTA:** Para esta parte tendrán los primeros 45 minutos de la sesión ya que como no se tienen bloques de clase, mientras se deja todo ordenado y se camina en la ruta salón-Aula STEM, se pierde un tiempo prudencial.

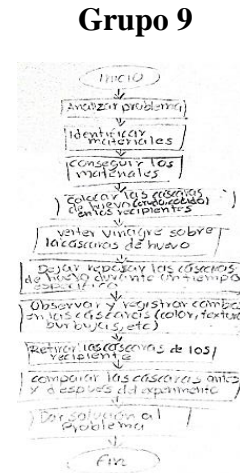
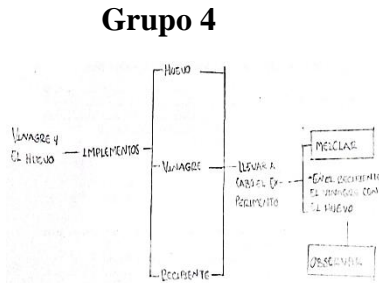
## Anexo 7

### Diagrama de flujo del proceso para llevar a cabo la experimentación de las situaciones escogidas

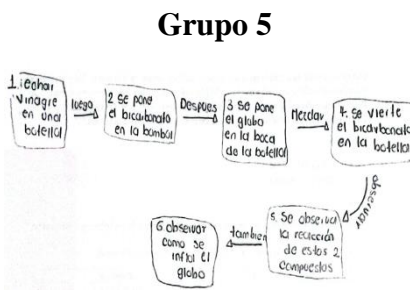
- Situación del agua oxigenada y trozo de metal



- Situación del vinagre y las cáscaras de huevo



- Situación del vinagre y el bicarbonato



## Anexo 8

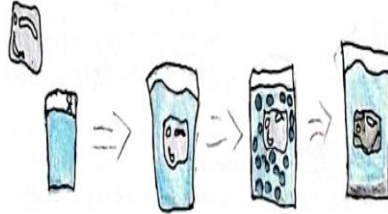
Dibujos que representan lo que pasaría al poner en contacto las sustancias

- Situación del agua oxigenada y trozo de metal

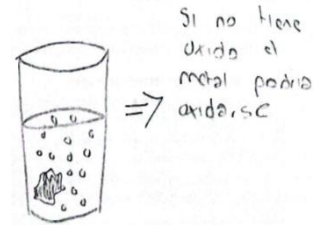
Grupo 2



Grupo 3

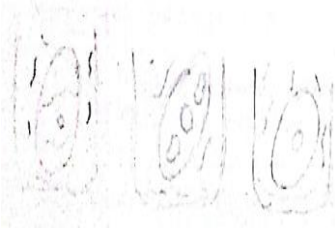


Grupo 7

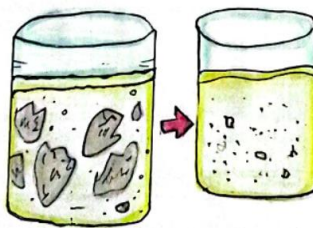


- Situación del vinagre y las cáscaras de huevo

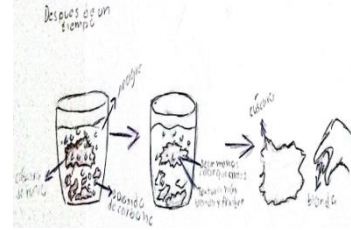
Grupo 4



Grupo 8



Grupo 9



- Situación del vinagre y el bicarbonato

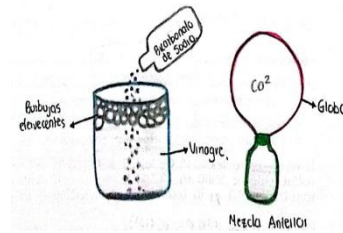
Grupo 1



Grupo 5



Grupo 6



## Anexo 9

### **Actividad: Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM sobre el modelo de Dalton.**

#### Objetivos

- ✓ Identificar los tipos de procesos a los que acuden los estudiantes (por grupos de trabajo) para resolver situaciones de un trabajo práctico relacionadas con el Aula STEM y el modelo atómico de Dalton.

Con esta actividad se pretende que cada uno de los 9 grupos de trabajo durante 4 sesiones de dos horas de clase, a partir de todos los materiales encontrados en el aula STEM y el conocimiento que tienen sobre el modelo de Dalton, puedan identificar las reacciones desde lo macroscópico, lo microscópico y lo simbólico con el fin entender lo hecho por Jhon Dalton para obtener la fórmula de cada uno de los compuestos y sus clasificaciones.

#### Contenidos:

- Práctica Aula STEM
- Trabajo Cooperativo

#### **Segunda Parte de la primera sesión**

- Después de llevar a cabo el trabajo práctico
  - a) ¿Qué observaron al poner en contacto estas sustancias? Hágalo mediante un dibujo

- b) Compare el dibujo que hicieron antes de realizar el trabajo práctico con el que acabaron de hacer y escriban ¿cuáles creen que son las similitudes y las diferencias?

---

---

---

---

---

---

---

c) ¿Qué cantidad de cada sustancia usaron para formar el fenómeno ocurrido?

---

---

---

---

---

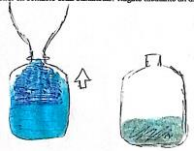









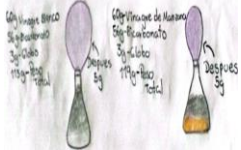

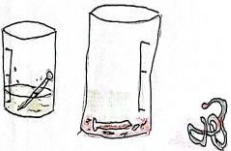
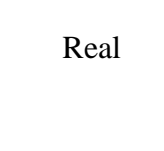


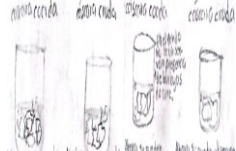
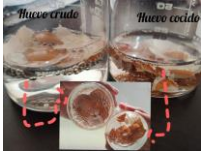
---

---

**NOTA:** Para esta parte tendrán los primeros 45 minutos de la sesión ya que como no se tienen bloques de clase, mientras se deja todo ordenado y se camina en la ruta salón-Aula STEM, se pierde un tiempo prudencial.

## Anexo 10

### Comprobación de sustancias en contacto por grupos

| Grupo 1   |   | Grupo 2   |  | Grupo 3   |   |
|---|---|---|--|---|---|
| Dibujo  | Real  | Dibujo  | Real   | Dibujo  | Real  |
|    |    |    |     |    |    |
| Grupo 4   |   | Grupo 5   |  | Grupo 6   |   |
| Dibujo  | Real  | Dibujo  | Real   | Dibujo  | Real  |
|    |    |    |     |    |    |
| Grupo 7   |   | Grupo 8   |  | Grupo 9   |   |
| Dibujo  | Real  | Dibujo  | Real   | Dibujo  | Real  |
|  |  |  |  |  |  |

## Anexo 11

### Mediciones con balanza electrónica

- **Situación del agua oxigenada y trozo de metal**



- **Situación del vinagre y las cáscaras de huevo**



- **Situación del vinagre, el bicarbonato y el globo**





c) Dibuje ¿Cómo estarían organizadas los átomos de los compuestos que dan como resultado en su situación problema?

d) ¿Cómo escribirían la fórmula del producto al unirse las sustancias que están en la situación presenta, teniendo en cuenta lo realizado por Jhon Dalton?

### ANEXO 13

#### Elementos que intervienen en los fenómenos

- Situación del agua oxigenada y trozo de metal

| Grupo 2  | Grupo 3   | Grupo 7   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno = O</li> <li>• Hidrógeno = H</li> <li>• Cobre = Cu</li> <li>• Aluminio = Al</li> <li>• Carbono = C</li> <li>• Fósforo = P</li> <li>• Hierro = Fe</li> </ul> <p>Moneda: Oxígeno y Cobre aluminio<br/>Clavo: Oxígeno y Hierro</p> | <p>Hidrogeno □</p> <p>Oxígeno Δ</p> <p>Hierro O</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxígeno</li> <li>- Hierro</li> <li>- Aluminio</li> <li>- Hidrogeno</li> <li>- Carbono</li> </ul> <p>- Oxido</p> <p>• Oxígeno } <math>M_2 O_x</math><br/>• Hierro</p> <p>- Peróxido de Hidrogeno</p> <p>• Hidrogeno<br/>• Oxígeno</p> |

- Situación del vinagre y las cáscaras de huevo

| Grupo 4  | Grupo 8   | Grupo 9   |
|--|---|---|
| <p>Carbano</p> <p>Cinc</p> <p>Oxígeno</p> <p>Hidrogeno</p> <p>vinagre</p> <p>H2O</p> <p>Hierro</p> <p>Calcio</p> <p>Fósforo</p> <p>Huevo</p> | <p>C □</p> <p>H □</p> <p>O x</p> <p>Ca ✓</p> <p>Mg O</p> <p>F Δ</p> | <p>Cáscaras</p> <p>vinagre</p> <p>+ Ca → □</p> <p>+ Mg → O</p> <p>+ H → Δ</p> <p>+ C → □</p> <p>+ O → ~</p> <p>+ P → !</p> <p>+ C → □</p> <p>+ O → ~</p> <p>+ H → Δ</p> |

- Situación del vinagre y el bicarbonato

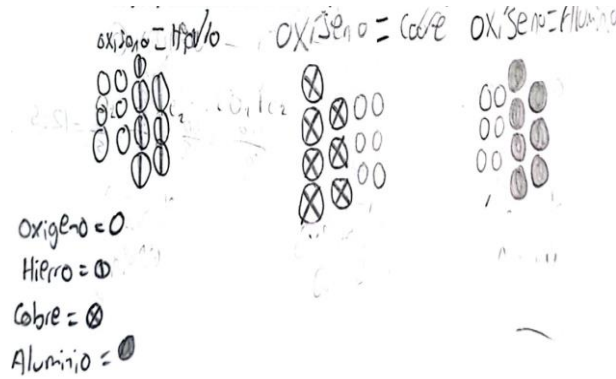
| Grupo 1  | Grupo 5   | Grupo 6  |
|--|---|--|
| <p>Bicarbonato:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carbono C</li> <li>- Azufre S</li> <li>- <del>Fluor</del></li> <li>- Sodio Na</li> </ul> <p>vinagre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxígeno</li> <li>- <del>Sodio</del></li> <li>- Hidrogeno H</li> <li>- <del>Fluor</del></li> <li>- Carbono C</li> </ul> <p>Gas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno O</li> <li>• Hidrogeno H</li> <li>• Carbono C</li> </ul> | <p>Sodio → Bicarbonato</p> <p>vinagre</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sodio</li> <li>- Potasio</li> <li>- Magnesio</li> <li>- Fluor</li> <li>- Hierro</li> <li>- Azufre</li> </ul> <p>gas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carbono y Oxígeno</li> </ul> | <p>C → □</p> <p>H → *</p> <p>O → ○</p> <p>Na → Δ</p> |

## Anexo 14

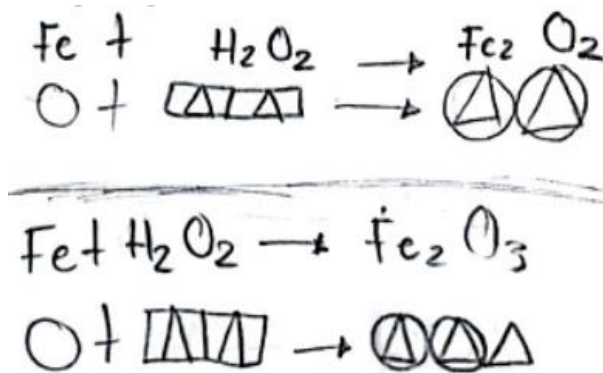
### Representación de las sustancias de acuerdo con el modelo de Dalton

- Situación del agua oxigenada y trozo de metal

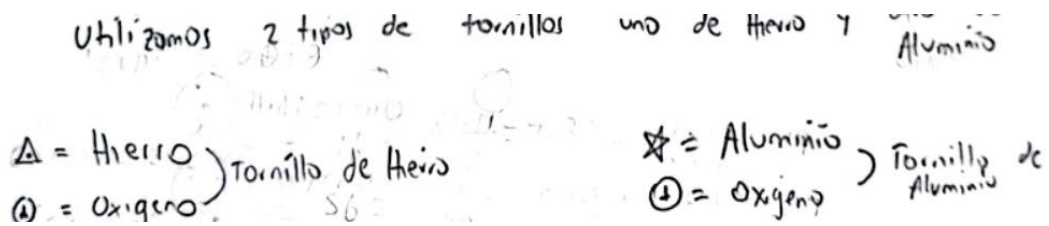
#### Grupo 2



#### Grupo 3



#### Grupo 7

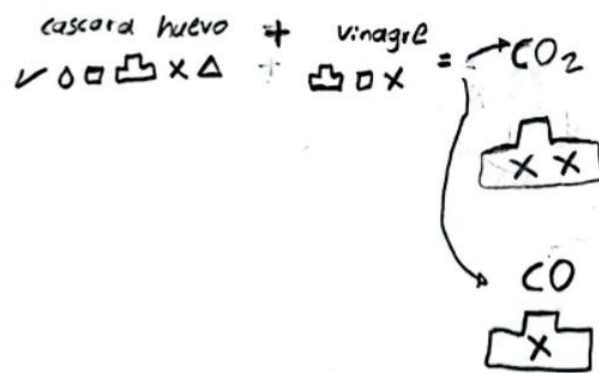


- Situación del vinagre y las cáscaras de huevo

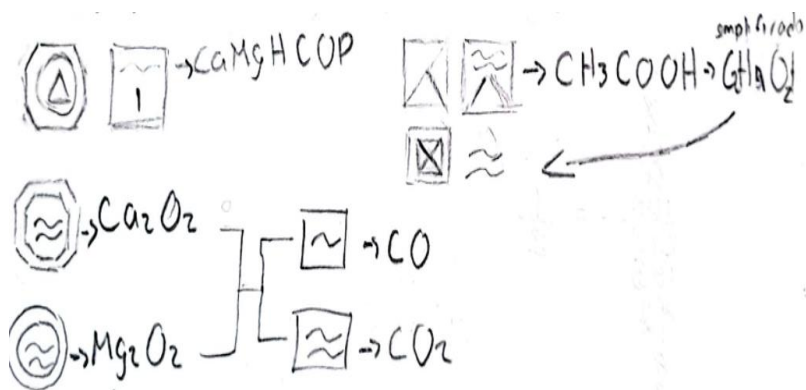
### Grupo 4



### Grupo 8

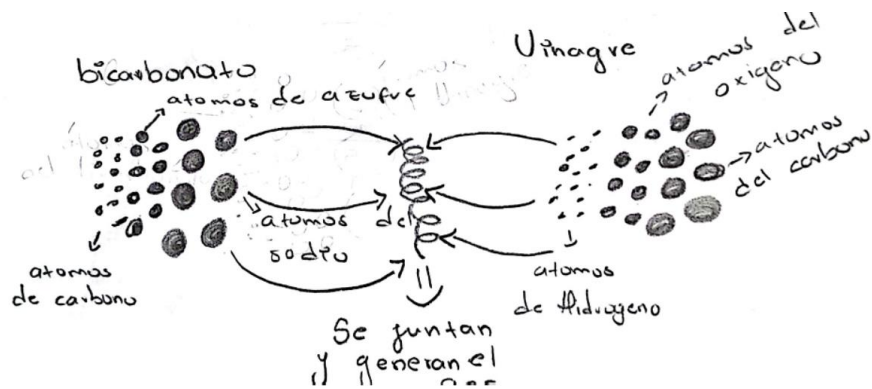


### Grupo 9



- Situación del vinagre y el bicarbonato

### Grupo 1

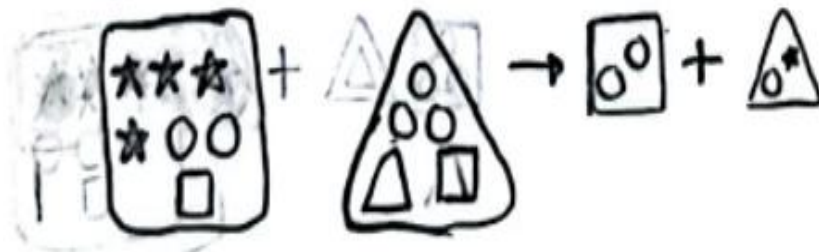
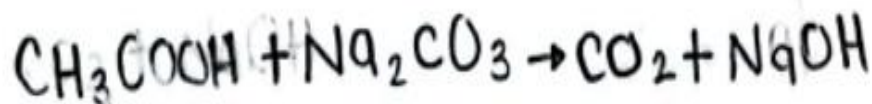


### Grupo 5

Tomando como resultado del gas el carbono y el oxígeno obtenidos decidimos representarlos así:



### Grupo 6

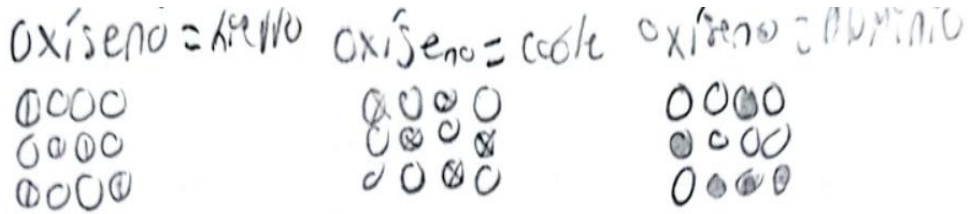


## Anexo 15

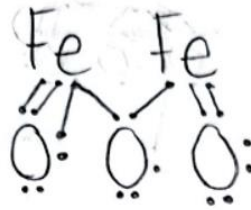
### Representación de la organización de los átomos de acuerdo con el modelo de Dalton

- Situación del agua oxigenada y trozo de metal

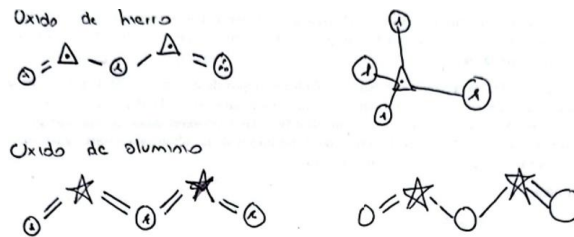
#### Grupo 2



#### Grupo 3



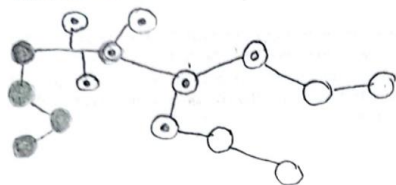
#### Grupo 7



- Situación del vinagre y las cáscaras de huevo

#### Grupo 4

Formula acetato de Calcio



Este grafico representa  
la formula de Dalton  
"C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>CaO<sub>2</sub>"

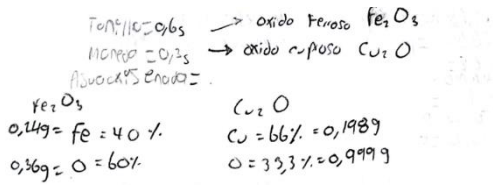


## Anexo 16

### Fórmula del producto a partir de lo realizado por Jhon Dalton

- Situación del agua oxigenada y trozo de metal

#### Grupo 2



Cobre 5g

$\frac{120}{50} = \frac{60}{25} = \frac{12}{5} = \frac{12}{5} = 12:5$

#### Grupo 3

d) ¿Cómo escribirían la fórmula del producto al unirse las sustancias que están en la situación presenta, teniendo en cuenta lo realizado por Jhon Dalton?

#### Grupo 7

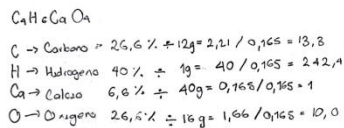
Constante de agua oxigenada + Variables de metal  
 $72\text{g} + 3\text{g}$

Constante de agua oxigenada + Variables de metal  
 $72\text{g} + 3\text{g} (3 \times 2 = 6\text{g})$

Relación:  $\frac{3\text{g}}{6\text{g}} = \frac{1}{2}$

- Situación del vinagre y las cáscaras de huevo

#### Grupo 4



Comprobación

$\frac{22}{10} = 11:5$

22 - Vinagre  
 10 - Huevo "cáscara"

sustancia constante = vinagre  
 sustancia variable = Huevo

Se se comprobó el modelo de Dalton ya que la simplificación de las fórmulas de vinagre y las del huevo nos dan 2 números enteros, esto nos dice que probablemente los fig de vinagre en 5g de huevo.

#### Grupo 8

$\frac{\text{CO}_2}{50\text{g C}} = \frac{32\text{g O}}{12\text{g C}} = \frac{1600\text{g O}}{72\text{g C}} = 133,3\text{g O}$

$\frac{\text{CO}}{50\text{g C}} = \frac{16\text{g O}}{12\text{g C}} = \frac{800\text{g O}}{72\text{g C}} = 66,6\text{g O}$

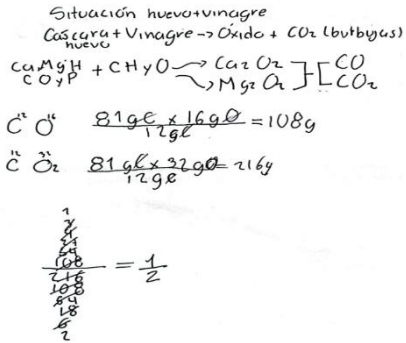
$\frac{133,3\text{g}}{66,6\text{g}} = \frac{2}{1}$

$\frac{\text{CO}}{25\text{g C}} = \frac{16\text{g O}}{12\text{g C}} = \frac{400\text{g O}}{72\text{g C}} = 33,3\text{g O}$

$\frac{\text{CO}_2}{25\text{g C}} = \frac{32\text{g O}}{12\text{g C}} = \frac{800\text{g O}}{72\text{g C}} = 66,6\text{g O}$

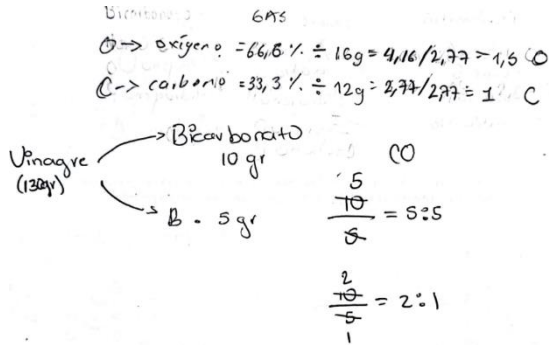
$\frac{33,3}{66,6} = \frac{1}{2}$

## Grupo 9



### • Situación del vinagre y el bicarbonato

#### Grupo 1



#### Grupo 5

Constante: Bicarbonato  
 variable: vinagre

| Sustancia<br>Prueba | Vinagre | Bicarbonato |
|---------------------|---------|-------------|
| 1                   | 24gr    | 5gr         |
| 2                   | 47gr    | 5gr         |

Relación: 24:5  
 47:5

Vinagre: 25ml - 50ml / 24gr - 47gr

Bicarbonato: 5gr - 5gr

#### Grupo 6

d) ¿Cómo escribirían la fórmula del producto al unirse las sustancias que están en la situación presenta, teniendo en cuenta lo realizado por Jhon Dalton?

## Anexo 17

### Actividad: Presentación de Resultados

#### Objetivos

- ✓ Explicar mediante las TICs los resultados obtenidos en cada uno de los trabajos prácticos dentro del aula STEM que los llevaron a plantear posibles fórmulas de acuerdo con el modelo de Dalton

Con esta actividad se pretende que cada uno de los 9 grupos de trabajo durante la última sesión de trabajo argumenten todo lo encontrado en cada una de las situaciones que los llevaron a realizar trabajos prácticos dentro del aula STEM; con esta actividad final se pretende que se explique de la mejor manera posible el modelo de Dalton .

Contenidos:

- Modelo de Dalton
- Trabajo Cooperativo
- Herramientas TIC

Se quiere que....

Luego de realizadas todas las sesiones en el aula STEM, cada grupo va a realizar una infografía de máximo 3 páginas en canvas de manera horizontal que contenga:

- Título de la Situación
- Procedimiento
- Resultados y análisis
- Conclusiones

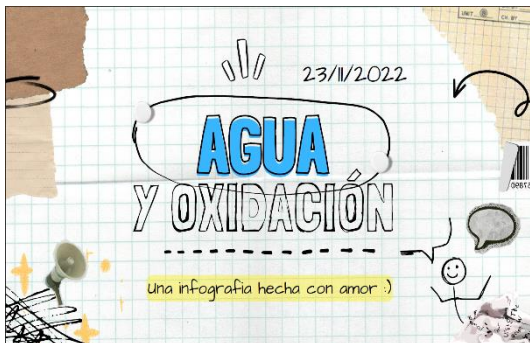
Para presentar la infografía tendrán un máximo de 10 minutos y harán llegar por correo sus infografías con un día de anticipación.

## ANEXO 18

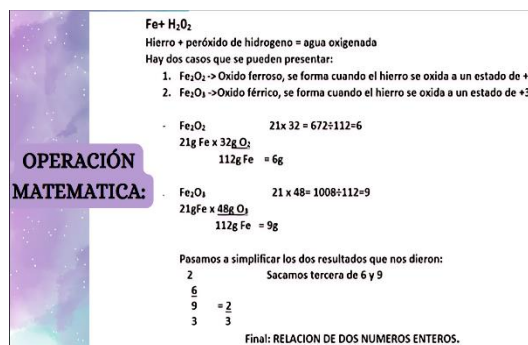
### Infografías presentadas por los grupos

- Situación del agua oxigenada y trozo de metal

#### Grupo 2



#### Grupo 3



#### Grupo 7





• Situación del vinagre y el bicarbonato

Grupo 1

**PROCEDIMIENTO DEL LABORATORIO**

**INTRODUCCIÓN**  
Como tal a la hora de realizar este experimento se muy sencillo gracias a los elementos utilizados.

**OBJETIVO**  
El objetivo como tal es sencillo, lo cual es que se infla la bomba con el gas que produce la mezcla.

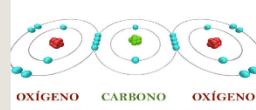
**ANÁLISIS**  
Al unir los elementos se puede observar una reacción que produce una espuma y junto a esto un gas que a su vez infla al globo mediante su presión.

**EL RESULTADO**  
Cuando se mezcla el vinagre y el bicarbonato se produce una reacción química que produce una espuma y un gas que infla el globo.

**CONCLUSIÓN:**  
Practicaríamos todo fue sencillo y era del esperado, ya que no presentaba grandes complicaciones.

**METODOLOGÍA**  
Los pasos son los siguientes:  
• Se obtienen 30ml de vinagre.  
• 10gr de bicarbonato.  
• En un vaso se introduce el vinagre y se introduce en el recipiente anterior el bicarbonato y se procede a colocar rápidamente la bomba.

De esta manera se representan los átomos de CO<sub>2</sub> según el modelo atómico de Dalton



Simplificación de las medidas

Dividimos 130gr y 10gr por el máximo común divisor para obtener la mínima expresión, escrito a continuación:  
 $(130 \div 10) / (10 \div 10) = 13/1$

Grupo 5

**Laboratorio sobre modelo de Dalton**

materiales/elementos

- VINAGRE/C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>
- BICARBONATO/NaHCO<sub>3</sub>
- GLOBO

**LEY DE PROPORCIONES MÚLTIPLES**

SI DOS ELEMENTOS FORMAN MÁS DE UN COMUESTO, ESTABLECIÉNDOSE FIJA LA COMPOSICIÓN DE UNO DE ELLOS, EL OTRO ELEMENTO ESTARÁ EN RAZÓN DE NÚMEROS NATURALES (ENTEROS Y SENCILLOS).

| Sistema Prueba | vinagre | Bicarbonato |
|----------------|---------|-------------|
| 1              | 24gr    | 5gr         |
| 2              | 47gr    | 5gr         |

Las relaciones fueron de 24:5 para la primera prueba y de 47:5 para la segunda.

Grupo 6

IE. San Sebastián

**MODELO DE DALTON**

**EXPRESIÓN MATEMÁTICA**

Vinagre + bicarbonato → Gas? + otras sustancias

$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$   
 $48g C \quad 32g O_2 = 12 \cdot 8g O_2$   
 $48g C \quad 12g C$   
 $48g C \quad 16g O_2 = 64g O$   
 $12g C$

$\frac{12g}{48g} = \frac{1}{4}$   
 $\frac{16g}{64g} = \frac{1}{4}$   
 $\frac{12g}{12g} = 1$

## ANEXO 19

### Capturas de pantalla de los vídeos presentados

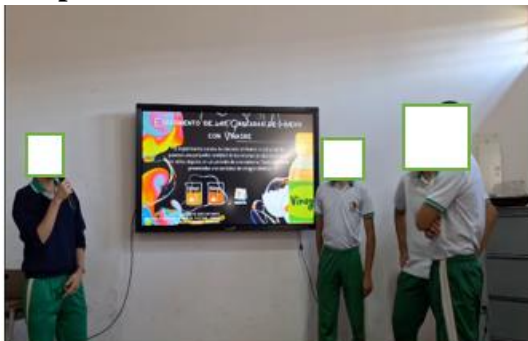
- Situación del agua oxigenada y trozo de metal

#### Grupo 2



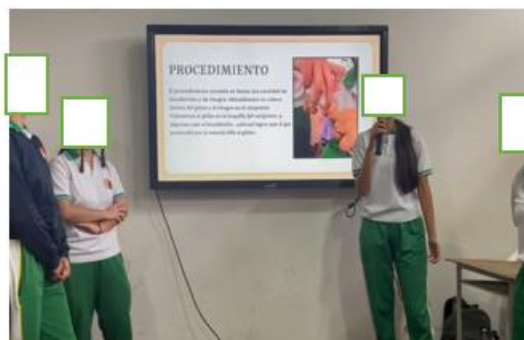
- Situación del vinagre y las cáscaras de huevo

#### Grupo 8



- Situación del vinagre y el bicarbonato

#### Grupo 6



**ANEXO 20**  
**Cuestionario Final**

**Objetivo:** Identificar los saberes adquiridos y afianzados con las actividades prácticas de laboratorio en el aula STEM.

Con esta actividad se pretende conocer los conceptos adquiridos sobre el modelo de Dalton y el aula STEM.

Contenidos:

- Modelo propuesto por Jhon Dalton
- Aula STEM

Se quiere que.....

Se proceda a contestar un cuestionario donde se analizan los conceptos que tiene cada uno, sobre modelización y discontinuidad de la materia; constando de dos fases:

- Primero mediante un cuestionario individual, para lo que tendrán alrededor de 20 minutos.
- Segundo, un cuestionario grupal donde se obtendrá un concepto global que los represente (10 minutos).

Responda las siguientes preguntas de manera consciente y teniendo en cuenta su trabajo en el aula STEM.

- Individual
- a) ¿Por qué el modelo de Dalton era el más adecuado para explicar la situación presentada en cada uno de los grupos?

---

---

---

---

---

---

- b) Representa con un dibujo el modelo de Dalton

- c) Haz una narrativa sobre lo hecho por Dalton y lo que tuvo en cuenta

---

---

---

---

---

---

- Grupal

a) Desde la perspectiva STEM detalla lo que hizo Dalton

---

---

---

---

---

b) Explica la relación entre el modelo STEM y las prácticas de laboratorio hechas en el aula

---

---

---

---

---

---

## ANEXO 21

### Rúbrica de validación de expertos

**Realizado por:** Hernán José Rodríguez Orejuela      **Director:** Royman Pérez Miranda  
**Codirector:** Ricardo Andrés Franco Moreno

**Título del proyecto de investigación:** *Aproximación al modelo atómico de dalton desde una perspectiva STEM*

### VALIDACIÓN DE RÚBRICA DE EVALUACIÓN Y ACTIVIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

La pregunta que orienta la investigación es: ¿Qué relación puede establecerse entre el modelo STEM de formación (aula STEM) y la aproximación al modelo atómico de Dalton en la formación científica en química de estudiantes de educación media?

Los objetivos de la investigación son:

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer la relación entre el modelo de formación STEM (Aula) y la aproximación al modelo atómico de Dalton en la formación científica de estudiantes de grado décimo de educación media.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el aula STEM como fundamento de una estrategia didáctica para la aproximación a los modelos, artificios de las ciencias para explicar los fenómenos de la naturaleza.
- Reconstruir histórica y epistemológicamente el modelo propuesto por John Dalton para explicar la composición de los materiales de la naturaleza.
- Establecer la relación entre el aula STEM y la formulación de modelos científicos en las ciencias de la naturaleza (Modelo atómico de Dalton) en la formación de estudiantes de educación media.

Las actividades propuestas se diseñaron con la intención de poder ser leídas por la rúbrica de evaluación, de acuerdo con la siguiente matriz

| Competencia     | Habilidad para...                  | Actividad de Evaluación |  |  |  |                               |                       |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------|--|--|--|-------------------------------|-----------------------|
|                 |                                    | 1. Aproximación a STEM  | 2. Entrevista individual y grupal para conocer las | 3. Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM | 4. Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM | 5. Presentación de Resultados | 6. Cuestionario Final |
| Indagación      | Identificar y definir problemas    |                         |  |  |  |                               |                       |
|                 | Realizar observaciones             |                         |  |  |  |                               |                       |
|                 | Buscar información                 |                         |  |  |  |                               |                       |
|                 | Formular hipótesis                 |                         |  |  |  |                               |                       |
| Experimentación | Planificar la investigación        |                         |  |  |  |                               |                       |
|                 | Manejar variables                  |                         |  |  |  |                               |                       |
|                 | Recoger y procesar datos           |                         |  |  |  |                               |                       |
| Argumentación   | Comunicar resultados               |                         |  |  |  |                               |                       |
|                 | Analizar datos y validar hipótesis |                         |  |  |  |                               |                       |

Teniendo en cuenta los objetivos de la investigación, la pregunta de investigación, las actividades propuestas y la rúbrica de evaluación evalúe si cada una de las actividades propuestas cumple con los objetivos planteados y a partir de estas es posible evaluar el nivel de dominio de las habilidades propuestas para cada una, marque con una **X** de 1 a 3 cada una de las opciones, donde **1** es no cumple, **2** es cumple parcialmente y **3** es cumple:

| Actividad  | La actividad cumple con los objetivos propuestos |   |   | La actividad evalúa los niveles de dominio propuestos |   |   | Observaciones y/o sugerencias |
|--|--|---|---|---|---|---|-------------------------------|
|  | 1  | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 |                               |
| 1. Aproximación a STEM   |  |   |   |   |   |   |                               |
| 2. Entrevista individual y grupal para conocer las ideas iniciales sobre el modelo de Dalton |  |   |   |   |   |   |                               |
| 3. Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM sobre el modelo de Dalton (Parte 1)     |  |   |   |   |   |   |                               |
| 4. Trabajos prácticos de laboratorio en el Aula STEM sobre el modelo de Dalton (Parte 2)     |  |   |   |   |   |   |                               |
| 5. Presentación de Resultados  |  |   |   |   |   |   |                               |
| 6. Cuestionario Final  |  |   |   |   |   |   |                               |

Respecto a la rúbrica de evaluación evalúe si cumple con cada uno de los siguientes criterios, marque con una **X** de 1 a 3 cada una de las opciones, donde **1** es no cumple, **2** es cumple parcialmente y **3** es cumple:

| Criterio de evaluación   | 1 | 2 | 3 | Observaciones y/o sugerencias |
|--|---|---|---|-------------------------------|
| La rúbrica de evaluación es coherente con los objetivos que se persiguen en la investigación   |   |   |   |                               |
| Los niveles de dominio para cada una de las actividades establecidas en la rúbrica pueden ser leídos en cada una de las actividades propuestas |   |   |   |                               |

|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| La rúbrica de evaluación es apropiada para el nivel de desarrollo de los participantes.                     |  |  |  |  |
| La rúbrica permite relacionar las variables de la investigación   |  |  |  |  |
| La descripción de los niveles de dominio para cada una de las habilidades propuestas en la rúbrica es clara |  |  |  |  |

**Observaciones Generales:**

Agradezco el tiempo invertido en la evaluación y validación de las actividades y la rúbrica de evaluación de competencias investigativas, sus observaciones y comentarios serán tenidos en cuenta para el logro de los objetivos de esta investigación.

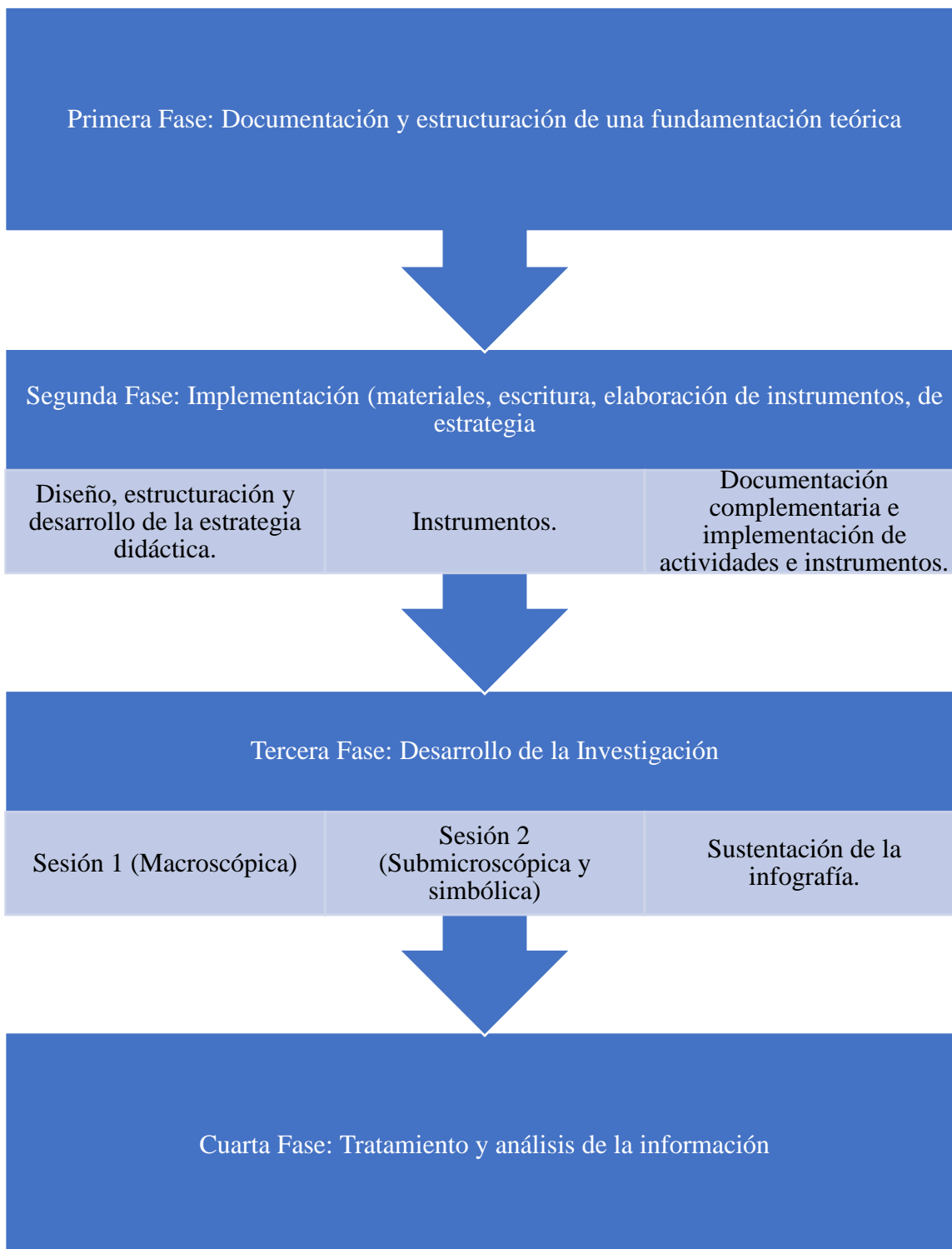
**Nombre del Experto:**

**Estudios de pregrado:**

**Estudios de posgrado:**

## ANEXO 22

### Fases metodológicas



## REFERENCIAS

- Acosta, A (2008). Una reconstrucción historico-epistemologica. El modelo atómico de John Dalton [Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio UPN.
- Adúriz-Bravo, A. (2000). Consideraciones acerca del estatuto epistemológico de la didáctica específica de las ciencias naturales. *Revista del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación*, 9(17). <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/6634>
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación química*, 23(2), 248-256. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2012000600002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2012000600002&lng=es&tlng=es)
- Aduriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), 130-140. [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/REEC\\_1\\_3\\_1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/REEC_1_3_1.pdf)
- Akaygun, S. & Aslan-Tutak, F. (2016). STEM Images Revealing STEM Conceptions of Pre-Service Chemistry and Mathematics Teachers. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology* 4(1). <https://www.ijemst.org/index.php/ijemst/article/view/78>
- Arias, R. (2015). Influencia de un módulo STEM en la percepción de los estudiantes sobre la articulación entre la asignatura de Química y la técnica de agroindustria alimentaria en el Colegio Técnico Benjamín Herrera I.E.D: un estudio mixto [Tesis de Maestría, Universidad de los Andes]. Archivo Digital. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/13128/u714158.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Avendaño, A. (2014). Módulo STEM dirigido a estudiantes de básica secundaria [Tesis de Pregrado, Universidad de los Andes]. Archivo Digital. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/17048>
- Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico* (23 ed.). Siglo XXI editores.
- Banal, M., Estela, J., Centelles, S. & López, J. (2016). *Química I BGU*. Don Bosco.
- Caballero, C. & Recio, P. (2007). Las tendencias de la Didáctica de las Ciencias Naturales en el Siglo XXI. *Varona* (44) pp. 34-41. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360635564007>
- Cano, L., Díaz, V. & Montes, D. (2020). Experiencias STEM+H en instituciones educativas de Medellín: factores que prevalecen en su implementación. *Sociología y tecnociencia*, 11 Extra\_1, 1-22. I: [https://doi.org/10.24197/st.Extra\\_1.2021.1-22](https://doi.org/10.24197/st.Extra_1.2021.1-22)
- Cardoso, S. & Da Silva, E. (2021). Modelo teórico de aproximações para o ensino de Ciências entre as premissas da História da Ciência e do pensamento crítico. *Ensino & Multidisciplinaridade*, 7(1), 111. <https://doi.org/10.18764/2447-5777v7n1.2021.7>
- Casado, G. & Raviolo, A. (2005). Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos niveles de representación de una reacción química. *Universitas Scientiarum*, 10. 35-43. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/5015>
- Casal, J. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Revista de Ciències de l'Educació*, (2). 154-168. <https://raco.cat/index.php/UTE/article/view/369781/463520>
- Chamizo, J. (2006). Los modelos de la química. *Educación Química*, 17(4). 476-482. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.4.66030>
- Chang, R. (2010). *Química*. McGraw-Hill.

- Chica, A., Andrade, I., Miranda, R., & Moreno, R. (2023). Los TPL con enfoque en Química Verde, como estrategias de enseñanza en reacciones químicas inorgánicas a microescala. *Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora*, 2(1), 175-190.
- Corrales, M. (2010). *Métodos varios de recolección de información cualitativa*. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Creswell, J. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.).
- Cullen, D. (2015). Modeling Instruction: A Learning Progression That Makes High School Chemistry More Coherent to Students. *Journal of Chemical Education*, 92(8). 1269-1272. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00544>
- Dalton, J. (1808). *A New System of Chemical Philosophy*. Editorial R. Bickerstaff.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (sf). *Educación de calidad*. <https://ods.dnp.gov.co/es/objetivos/educacion-de-calidad>
- De Sousa Silva, S., De Souza Teixeira, R., Cardoso, R., Carvalho, R., Da Silva Santos, J. & De Araujo Veloso, V. (2020). Reflexões sobre o ensino de química e a confecção de modelos atômicos com matérias reaproveitáveis como prática pedagógica. *Revista Destaques Acadêmicos*, 11(4). <https://doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v11i4a2019.2414>
- Díaz, O. & Álvarez, E. (2001). Los metales, las monedas y su composición. *Educación Química* 12(1), 42-45. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66365/58276>
- Elliot, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Ediciones Morata.
- Fernández, P. y Herrero, S. (2019). *El aprendizaje de ciencias al servicio de la inclusión educativa*. [Conferencia]. CONVOCATORIA PROYECTOS APRENDIZAJE-SERVICIO COMPLUTENSE. Madrid, España.

[https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/aafb0a5d-d799-435b-a923-](https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/aafb0a5d-d799-435b-a923-4fd9140adf8f/content)

[4fd9140adf8f/content](https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/aafb0a5d-d799-435b-a923-4fd9140adf8f/content)

Ferrada, C., Díaz-Levicoy, D., Salgado-Orellana, N. & Puraivan, E. (2019). Análisis bibliométrico sobre educación STEM. *Revista ESPACIOS* 40 (8).

<https://www.revistaespacios.com/a19v40n08/a19v40n08p02.pdf>

Franco, A. & Oliva, J. (2012). Dificultades de comprensión de nociones relativas a la clasificación periódica de los elementos químicos: la opinión de profesores e investigadores en educación química. *Revista científica*, 16(2). 53-71.

<https://www.redalyc.org/pdf/5043/504373318006.pdf>

Gallego, A., & Gallego R. (2006). Acerca del carácter tecnológico de la nueva Didáctica de las Ciencias. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5. 99-113

Granados, O., Andrade-López, N. & Alvarado-Rodríguez, J. (2024). Aplicando la Regla del Octeto en la Estructura Molecular. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria* No. 4, 12(23). 27-30.

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/11878/10948>

Gil, D., Carrascosa, J. & Martínez, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. *Revista Educación y Pedagogía*, 11(25). 15 –

65. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2564228>

Godoy, O. (2018). La didáctica de las ciencias y su relación con la historia y la filosofía de la Ciencia. En *Proyectos investigativos en educación en ciencias: articulaciones desde enfoques histórico-epistemológicos, ambientales y socioculturales* (Ed.), pp.15-34. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Gómez Y. (2010). Caracterización del conocimiento didáctico del contenido curricular en química del concepto de discontinuidad de la materia en profesoras en ejercicio. *Tecné*,

*Episteme* y *Didaxis*, 27. 136-139.

<https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/1003/1015>

González, H. & Kuenzi, J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer. Washington: Congressional Research Service.

<https://sgp.fas.org/crs/misc/R42642.pdf>

Hallun, I. (2007). Mediated Modeling in Science Education. *Science & Education*, 16. 653-697. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-006-9004-3>

Heredia, S. (2011). Experiencias sobre corrosión en metales de uso cotidiano. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (Núm. Extraordinario), 466-475.

<https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/14553/14-HerediaAvalos-466-475.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2021). Metodología de la investigación (7.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Huong, L., Trung, T., Thao, T., Trinh, L., Hoang, L. & Thuy, V. (2021). Two Decades of STEM Education Research in Middle School: A Bibliometrics Analysis in Scopus Database (2000–2020). *Educations Sciences*, 11(7). 353.

<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1304197.pdf>

Instituto de estudios del Huevo (sf). Estructura del huevo.

[https://www.institutohuevo.com/estructura\\_huevo/](https://www.institutohuevo.com/estructura_huevo/)

Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modernizar. *Anales de la Asociación Química Argentina*, 92(4-6), 115-136.

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0365-03752004000200013&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0365-03752004000200013&script=sci_abstract)

- Ješková, Z., Lukáč, S., Šnajder, L., Guniš, J., Klein, D., & Kireš, M. (2022). Active Learning in STEM Education with Regard to the Development of Inquiry Skills. *Education Science*, 12(10). 686. <https://doi.org/10.3390/educsci12100686>
- Ješková, Z., Nováková, L., y Švecová, V. (2022). Impacto del enfoque STEM en el desarrollo de competencias científicas en educación secundaria. *Journal of Science Education*, 58(4), 123-135.
- Jimenez-liso, M. & Márquez, M. (2010). Química y cocina: del contexto a la construcción de modelos. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (65), 33-44. [https://chemistrynetwork.pixel-online.org/data/SUE\\_db/doc/27\\_alambique%20quimica%20y%20cocina.pdf](https://chemistrynetwork.pixel-online.org/data/SUE_db/doc/27_alambique%20quimica%20y%20cocina.pdf)
- Johnstone, A. (2000). Teaching of chemistry—logical or psychological?. *Chemical. Education* 1(1). 9–15.
- Katz, M. (2024). *La teoría atómica: Laureles para Dalton, pero la idea original fue de Higgins*. Asociación Química Argentina. <https://aqa.org.ar/images/EducacionQuimica/HigginsDalton.pdf>
- Khalil, R., Tairab, H., Qablan, A., Alarabi, K. & Mansour, Y. (2023). STEM-Based Curriculum and Creative Thinking in High School Students. *Education Science*, 13(12). 1195. <https://doi.org/10.3390/educsci13121195>
- Khalil, R., Al-Mahmoud, S., y Farah, M. (2023). Integración del enfoque STEM en la enseñanza de la química: Perspectivas docentes. *International Journal of Educational Research*, 101(3), 78-89.
- Laboratorio Interdisciplinar de Ciencias y Procesos Humanos (LINCIPH) (sf). Modelización en Ciencias. Laboratorio Interdisciplinar de Ciencias y Procesos Humanos. <https://linciph.uexternado.edu.co/modelizacion-en->

[ciencias/#:~:text=Proceso%20que%2C%20en%20algunas%20ocasiones,patrones%20y%20ventanas%20espacio%2Dtemporales](#)

Lederman, N. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. *Curriculum and assessment in science*, 831-880.

Leite, F., Wenzel, J. & Radetzke, F. (2020). Contextualização nos currículos da área de ciências da natureza e suas tecnologias. *Revista Contexto & Educação*, 35(110), 226-240.

<https://doi.org/10.21527/2179-1309.2020.110.226-240>

López, D. (2020). Diseño e implementación de una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de elemento químico. *Praxis & Saber*, 11(27), e11116.

<https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n27.2020.11116>

López, D. & Furió, C. (2021). El concepto actual de elemento químico: ¿uno o dos significados? Implicaciones en su enseñanza (Segunda parte). *Educación química*, 32(1), 31-44.

<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75259>

López, S., Carpeño, A., Arriaga, J., Ruiz, M. & Martín, A. (2016). Experiencias para el fomento de las vocaciones tecnológicas entre estudiantes de EEMM [Actas TAEE].

López, S., Ruiz, A. C., Arriaga, J., Ruiz, M., & Martín, A. (2016). XII Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica. Sevilla, España.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=874267>

Manzanares, Z. (2025). El huevo saltarín. *Encuentros con la Ciencia*.

[https://www.encuentrosconlaciencia.es/?page\\_id=2093#:~:text=El%20C3%A1cido%20ac%20C3%A9tico%20del%20vinagre,toda%20la%20c%20C3%A1scara%20de%20huevo.](https://www.encuentrosconlaciencia.es/?page_id=2093#:~:text=El%20C3%A1cido%20ac%20C3%A9tico%20del%20vinagre,toda%20la%20c%20C3%A1scara%20de%20huevo.)

Marchesi, M., & Custodio, R. (2023). Evolução histórica dos modelos atômicos. *Revista Chemkeys*, 5, e023003. <https://doi.org/10.20396/chemkeys.v5i00.18418>

- Martín, O. (2020). Las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en niños y niñas de 10 a 14 años. Diseño y validación de un instrumento de medida [Tesis Doctoral, Universidad Pontificia Comillas]. Archivo Digital. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/52849>
- Masaquiza, R., Arce, K., Pozo, D. & Gualoto, O. (2024). Desarrollo de habilidades del siglo XXI a través de la educación STEM. *Revista Imaginario Social*, 7(2). <https://doi.org/10.59155/is.v7i2.191>
- Mendoza, J. (2020). Secuencia didáctica basada en metodología STEAM enfocada en los ODS con estudiantes del grado undécimo del colegio americano de Bucaramanga [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Bucaramanga]. Archivo Digital. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/12485>
- Meneses, J., Lacolla, L. & Valeiras, N.(2014). Reacciones químicas y representaciones sociales de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3). 89-109. <https://ensciencias.uab.cat/article/download/v32-n3-meneses-lacolla/1010-pdf-es/7376>
- Ministerio de Educación Nacional (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje en Ciencias Naturales. Editorial Panamericana.
- Ministerio de Educación Nacional (2020). Trabajamos en equipo por prevenir y mitigar los impactos del COVID- 19 en la deserción en educación Preescolar, Básica, Media y Superior. <https://www.mineducacion.gov.co/1780/w3-article-401634.html? noredirect=1>
- Miranda, E. (2023). Físicos y químicos frente a la naciente teoría atómica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 35(2), 237-241. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n2.43734>

- Moldes, D. (2021). Análisis de la docencia de los modelos atómicos en Secundaria y Bachillerato. Propuesta de mejora [Tesis de Maestría, Universidad de Valladolid]. Repositorio Uva. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/49791>
- Mondragón, C., Peña, L., Sánchez, M., Arbeláez, F. & González D. (2010). *Hipertexto Química I*. Santillana.
- Muñoz-Burbano, Z., Solbes, J. & Ramos, G. (2020). Análisis de la enseñanza de conceptos cuánticos en la unidad de "Estructura atómica de la materia" en libros de texto. *Praxis & Saber*, 11(27), e204. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n27.2020.10754>
- Niaz, M. (2005). ¿Por qué los textos de química general no cambian y siguen una retórica de conclusiones? *Educación Química* 16(3). 410-415. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.3.66104>
- O'lery, M. (2012). Análisis estructuralista de la teoría de radicales libres y su vínculo con la bioquímica de óxido-reducción. *ÁGORA* 31(2). 251-270. <https://revistas.usc.gal/index.php/agora/article/view/1061>
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R. & Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1). 46-55. DOI: [10.1016/S0187-893X\(14\)70523-3](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70523-3)
- Ortiz, F. (Ed). (2021). *Investigación científica: Un desafío para la educación mediada*. Sello editorial UNAD.
- Ortiz, G. & Cervantes, M. (2015). La formación científica en los primeros años de escolaridad. *Panorama*, 9(17), pp 10-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5585223>

- Pahnke, J., O'Donnell, C. & Bascopé, M. (2019). El Uso de la Ciencia para el Bien Social: Educación STEM para el Desarrollo Sustentable. <https://www.stiftung-kinder-forschen.de/>
- Pellón, I. & Dalton, J. (2012). *El atomismo en química: un nuevo sistema de filosofía química*. Editorial Universidad de Alicante.
- Pérez, R. (2020). Física: construcción de modelos. Cienciorama. <http://www.cienciorama.unam.mx/#!titulo/657/?fisica--construccion-de-modelos>
- Poveda, Y. (2010). Caracterización del conocimiento didáctico del contenido curricular en química del concepto de discontinuidad de la materia en profesoras en ejercicio. *Tecné, episteme y Didaxis* 27, 136-139.
- Ravaschino, E. (2011). Química en retrospectiva Parte 1: Origen y evolución. *Revista Química Viva*, 10(2). 129-136. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86319141007.pdf>
- Reyes, A. (2019). Visiones sobre la educación STEM en el sector educativo de la ciudad de Bogotá [Tesis de Maestría, Universidad de los Andes]. Archivo Digital. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/44223/u827959.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes, G. (s.f). La química de Dalton. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. [https://fundacionorotava.org/media/web/publication\\_files/publication31\\_04.pdf](https://fundacionorotava.org/media/web/publication_files/publication31_04.pdf)
- Rieble-Aubourg y Viteri (2020). “COVID-19: ¿Estamos preparados para el aprendizaje en línea?, 1-4. <https://publications.iadb.org/es/nota-cima-20-covid-19-estamos-preparados-para-el-aprendizaje-en-linea>
- Rolleri, J. (2013). ¿Qué son los modelos físicos? *Valenciana*, 6(11), 271-288. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-25382013000100007&Ing=es&tIng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-25382013000100007&Ing=es&tIng=es)

- Rodríguez, K., Abella, N. & García, A. (2021). Modelización en ciencias naturales: una revisión bibliométrica en el periodo 2008 -2018. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis (TED), extraordinario*, 3091-3099.
- Romero, M. & Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias* 32(1).101-115.  
<https://ensciencias.uab.cat/article/view/v32-n1-romero-quesada>
- Santos, S (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia, Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de la Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen02/REEC\\_2\\_3\\_11.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen02/REEC_2_3_11.pdf)
- Santos, S. & Peral, F. (2007). Controversias científicas en la Química del siglo XIX. *Anales de Química de la RSEQ*, (4), 59-69.  
<https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1560>
- Salazar, E., Obaya, A., Giammatteo, L. & Vargas-Rodriguez, Y. (2019). Evaluating a didactic strategy to promote atomic models learning in High School students through Hake's method. *International Journal of Education and Research*, 7(5). 293-312.  
<https://www.ijern.com/journal/2019/May-2019/24.pdf>
- Schulz, R. (2016). STEM y modelamiento matemático. Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática. 291-317.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/23838/24006>
- Secretaría de Educación (2021). Pacto histórico: Bogotá es declarada territorio STEM.  
[https://educacionbogota.edu.co/portal\\_institucional/noticia/pacto-historico-bogota-es-declarada-territorio-stem#:~:text='Bogot%C3%A1%20Territorio%20STEM'%20es%20una,el%20desarrollo%20de%20las%20nuevas](https://educacionbogota.edu.co/portal_institucional/noticia/pacto-historico-bogota-es-declarada-territorio-stem#:~:text='Bogot%C3%A1%20Territorio%20STEM'%20es%20una,el%20desarrollo%20de%20las%20nuevas)

- Soto, F. (2019). Ciencias Naturales primer ciclo. Editorial Ministerio de Educación de Chile.  
<https://epja.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/43/2019/06/Guías-Ciencias-Naturales-Módulo-Nº-1-La-Materia-del-Universo.pdf>
- Taborda, W. & Henao-Díaz, D. (2022). Evaluación formativa: impulsando el aprendizaje contextualizado y la mejora de la práctica docente. *Revista de Investigaciones UCM*, 22(39). <https://doi.org/10.22383/ri.v22i39.190>
- Tejada, C., Gattas, C., & Villabona, A. (2013). Concepciones alternativas y errores conceptuales concepciones alternativas y errores conceptuales de estudiantes sobre modelos atómicos en Química. *Entornos* 26(2). 267-274.  
<https://journalusco.edu.co/index.php/entornos/article/view/491/925>
- Teubal, R. (2006). Complejizando la mira sobre lo grupal. Factores de cambio y aportes teórico-técnicos para la intervención. En Dell'Anno, A. & Teubal, R. (Eds). *Resignificando lo grupal en el trabajo social* (pp 57-74). Editorial Espacio.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=274163>
- Torras, A., López, S., & Carrió, M. (2021). El aprendizaje basado en proyectos en el ámbito STEM: Conceptualización por parte del profesorado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 359-380.  
[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen20/REEC\\_20\\_3\\_2\\_ex1841\\_591.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen20/REEC_20_3_2_ex1841_591.pdf)
- Torres, A., Mora, E., Garzón, F. & Ceballos, N. (2013). Desarrollo de competencias científicas a través de la aplicación de estrategias didácticas alternativas. Un enfoque a través de la enseñanza de las ciencias Naturales. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*, 14(1), 187-215.
- Torres, J., Pérez, D., & Castillo, M. (2021). Formación científica temprana: Un análisis de metodologías activas en la educación primaria. *Educación en Ciencias*, 15(2), 55-68.

- Turk, N., Kalayci, N., Yamak, H. (2021). Evaluation of the effectiveness of science, technology, engineering, and mathematics (stem) curriculum designed and implemented for undergraduate programs of faculty of education. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET)*, 8(3). 1401-1428.
- UNESCO (2020). La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c29b3843-bd8f-4796-8c6d-5fcb9c139449/content>
- Useche, G., & Vargas, J. (2019). Una revisión desde la epistemología de las ciencias, la educación STEM y el bajo desempeño de las ciencias naturales en la educación básica y media. *Revista TEMAS*, III(13), 109-121. <https://eric.ed.gov/?q=STEM+Chemistry&ft=on&pg=3&id=EJ1308505>
- Vera-Medrandá, A. & Castro-Bermúdez, I. (2024). Estrategia didáctica para mejorar la enseñanza de las Ciencias Naturales en los estudiantes de 4to año de Educación General Básica. *MQRInvestigar*, 8(1), 535-560. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.8.1.2024.535-560>
- Villaveces, J. (2001). La enseñanza de la estructura de los átomos y de las moléculas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (9). <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/5628>
- Xue y Sun (2022). Integrando la Analogía en el Modelado Científico para el Aprendizaje Activo de los Estudiantes en la Educación en Química. En D. Ortega-Sanchez. (Ed.). *Active Learning - Research and Practice for STEAM and Social Sciences Education*. IntechOpen. <https://www.intechopen.com/chapters/82426>