

**LA ABSORCIÓN DE GASES EN AGUA: UNA PROPUESTA PARA LA ORGANIZACIÓN
DE MASAS RELATIVAS**

Laura Juliana Neira Rodríguez

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C.
2024**

**LA ABSORCIÓN DE GASES EN AGUA: UNA PROPUESTA PARA LA ORGANIZACIÓN
DE MASAS RELATIVAS**

Laura Juliana Neira Rodríguez

MSc. Juan Alberto Aldana González

Dr. Fabio Antonio Cajamarca Suquila

Asesores

Grupo de Estudios Histórico-Críticos y Enseñanza de las Ciencias EHC[^]EC

Línea de investigación: Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica.

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

2024

Para todos los efectos declaro que el presente trabajo es original y de mi autoría, en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco y dedico enteramente este trabajo a mi familia, especialmente a mi papá, quien ha creído en mí y me ha apoyado de forma incondicional. Él es la razón y motivación de cada uno de mis logros. La elaboración del diseño experimental nos permitió recordar épocas de colegio cuando me ayudaba con maquetas y cosas de ferretería; nuevamente, su ayuda fue esencial para lograr este trabajo.

A mis fieles amigas, Karol y Naomi, por su compañía y paciencia con todos los dramas que estudiar una maestría trae consigo. A Juanca y Yesid, por siempre recibirme con una sonrisa y darme las palabras que necesito. A Alejandro, por Juliana y porque sí.

A mis compañeros de clase, con quienes nos apoyamos constantemente para lograr nuestros objetivos con el programa. Especialmente, quisiera agradecer a Royer, pues fue mi gran compañero biólogo que, con sus risas y tonterías, lograba sacarme una sonrisa hasta en los momentos de mayor estrés; Erikson, por ser una gran compañía, no solo en la universidad, sino también en el trabajo; y Camilo, recorrimos un arduo camino de logros, enojos y frustraciones, pero todo ello nos llevó a agradecernos el esfuerzo mientras veíamos las cataratas del Iguazú, no puedo imaginar haber hecho ese viaje con otra persona o de otro modo.

Al Gimnasio Los Pinos, mis estudiantes del Énfasis en Ciencias Aplicadas y mis compañeros, que fueron indispensables para que este trabajo de grado pudiera implementarse.

A todos mis profesores de la maestría, especialmente a la profesora Sandra Sandoval y Liliana Tarazona, de quienes recibí sus palabras de aliento y consejos que fueron fundamentales para lograr culminar este trabajo. A mis asesores, el profesor Juan Aldana y Fabio Cajamarca, por incentivar en mí el trabajo experimental y a desarrollar con ambición mis ideas.

A la Universidad Pedagógica Nacional, por abrirme sus puertas y formarme como Magíster. Al departamento de química, por su apoyo con las instalaciones del laboratorio para desarrollar las innumerables prácticas de prueba.

Finalmente, a los amores de mi vida, mis motores y seres de luz: Matías, Chiquis, Corbata, Simba y Silvio. Todo vale la pena cuando veo sus ojitos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo I: Contexto Problemático.....	3
1.1. Pregunta Problema.....	4
1.2. Objetivos	5
Capítulo II: Antecedentes	6
Capítulo III: Fundamentación teórica para la construcción del fenómeno de absorción de gases en el agua.....	8
3.1. Componente Pedagógico	8
3.2. Componente Ampliación de la Experiencia.....	9
3.2.1. Ampliación de la experiencia y el experimento.....	9
3.2.2. Sobre las prácticas de laboratorio en la actividad experimental	10
3.3. Componente Disciplinar	11
Capítulo IV: Aspectos metodológicos.....	15
4.1. Fases de la investigación.....	15
4.2. Perspectiva fenomenológica	16
4.3. Prácticas de Laboratorio como Investigación	16
4.4. Contexto de aplicación de las experiencias diseñadas.....	17
Capítulo V: Desarrollo experimental y pedagógico.....	19
5.1. Sobre la absorción de los gases en el agua y otros líquidos, por John Dalton	19
5.2. Experimentos sobre la cantidad de gases absorbidos por el agua, por William Henry	27
5.3. Diseño experimental para la absorción de los gases en el agua, por Laura Neira. ..	30
5.3.1. Producción de gases:	32
5.3.2. Procedimiento	33
5.3.3. Para determinar las masas relativas	38
5.4. Diseño de la experiencia en el aula	43
5.5. Sistematización de las experiencias de la estrategia didáctica	46
5.5.1. Experiencia 1. Reconocimiento de la existencia de los gases.	43
5.5.2. Experiencia 2. Explorando las bebidas carbonatadas.....	50
5.5.3. Experiencia 3. Efectos de la temperatura y la presión en soluciones gas-líquido.....	58
5.5.4. Experiencia 4. Solubilidad de los gases en el agua.....	62

5.5.5. Experiencia 5. Determinación de densidades relativas a partir de sus absorciones en el agua.....	65
Capítulo VI: Reflexiones finales.....	68
6.1. Reflexiones sobre el análisis e interpretación de fuentes primarias.....	68
6.2. Reflexiones finales del diseño experimental.....	68
6.3. Reflexiones finales del diseño, implementación y sistematización de la estrategia didáctica.....	69
6.4. Reflexiones finales de la ampliación de la experiencia docente, por medio de la construcción fenomenológica.....	72
Capítulo VII: Bibliografía.....	74
Capítulo VIII: Anexos.....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Organización e interpretación de los datos dados por Dalton (1803). Elaboración propia. .	25
Tabla 2 Comparación de datos actuales con los publicados por Dalton en 1803. Elaboración propia.	26
Tabla 3 Materiales y reactivos para el diseño experimental. Elaboración propia.	31
Tabla 4 Resultados de la absorción de diferentes cantidades de dióxido de carbono. Elaboración propia.....	37
Tabla 5 Resultados de absorción de igual cantidad de dióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno. Elaboración propia.	38
Tabla 6 Relación de volúmenes y presiones del gas absorbido y no absorbido. Elaboración propia.	38
Tabla 7 Determinación de densidades de los gases disueltos en el agua. Elaboración propia.	39
Tabla 8 Intenciones y resultados esperados por cada experiencia en la estrategia didáctica. Elaboración propia.	46
Tabla 9 Clasificación para el análisis de los resultados obtenidos. Elaboración propia.....	43
Tabla 10 Resultados de producción de dióxido de carbono. Montaje 1. Experiencia 1. Elaboración propia.....	44
Tabla 11 Resultados de absorción de los gases. Experiencia 4. Elaboración propia.	63

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Jarra adaptada para el tratamiento de agua. Elaboración propia.....	32
Fotografía 2 Probeta adaptada para la extracción de gases. Elaboración propia.....	32
Fotografía 3 Bolsas de suero fisiológico para la absorción de gases en agua. Elaboración propia...	32
Fotografía 4 Tratamiento del agua para la absorción. Elaboración propia.....	33
Fotografía 5 Extracción de la muestra de agua. Elaboración propia.....	34
Fotografía 6 Inyección de la muestra de agua en las bolsas. Elaboración propia.	34
Fotografía 7 A: Montaje: Trampa para gases. B: Producción de CO ₂ . Elaboración propia.	35
Fotografía 8 Extracción del dióxido de carbono de la trampa para gases. Elaboración propia.....	35
Fotografía 9 Inyección del dióxido de carbono en la bolsa, para la absorción en el agua. Elaboración propia.....	35
Fotografía 10 Punto inicial y final del gas en el agua. Elaboración propia.....	36
Fotografía 11 Alternativa para la trampa para gases. Elaboración propia.....	36
Fotografía 13 Montaje 1. Experiencia 1. Elaboración propia.	45

Fotografía 14 Extracción de dióxido de carbono por medio de la probeta adaptada. Montaje 2. Experiencia 1. Elaboración propia.	47
Fotografía 15 Viraje de la fenolftaleína en contacto con el dióxido de carbono. Experiencia 1. Montaje 2. Elaboración propia.	48
Fotografía 16 Viraje de la fenolftaleína en contacto con el oxígeno. Experiencia 1. Montaje 2. Elaboración propia.	48
Fotografía 17 Identificación de la bebida carbonatada. Experiencia 2. Antes de abrir la botella. Elaboración propia.	51
Fotografía 18 Bebida carbonatada después de la agitación. Experiencia 2. Durante la apertura de la botella. Elaboración propia.	52
Fotografía 19 Calentando la bebida carbonatada. Experiencia 2. Después de abrir la botella. Elaboración propia.	55
Fotografía 20 Producción del Óxido Nitroso. Experiencia 3. Montaje 1. Elaboración propia.	59
Fotografía 21 Tabla de resultados de absorciones de dióxido de carbono en el agua, realizado por el Est. 2. Experiencia 3. Montaje 2. Elaboración propia.	61
Fotografía 22 Bolsas de suero con la absorción de los gases. Experiencia 4. Elaboración propia....	63
Fotografía 23 Organización de sustancias por el Est. 4. Experiencia 4. Elaboración propia.	64
Fotografía 24 Organización de sustancias del Est. 5. Experiencia 4. Elaboración propia.	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Triangulación de los componentes que guían el trabajo de grado en términos de lo Disciplinar, Pedagógico y la ampliación de la Experiencia. Elaboración propia.	3
Figura 3 Aparato para la solubilidad de los gases de Douglas. Tomado de: Battino & Clever (1966)	12
Figura 4 Fases de la investigación. Elaboración propia.	15
Figura 5 Proceso de construcción fenomenológica, basado en Malagón, Sandoval y Ayala (2013). Elaboración propia.	16
Figura 6 Prácticas de Laboratorio como Investigación, basado en Carrascosa et al. (2006). Elaboración propia.	17
Figura 7 Representación de las descripciones de Dalton sobre la absorción de los gases de primera clase en el agua. Elaboración propia, adaptado de Dalton (1803).....	20
Figura 8 Ejemplo de absorción. El color verde hace referencia al gas y el azul para el agua. A. Representación de la no absorción del gas. B. Representación de una fracción absorbida del gas. Elaboración propia.	22
Figura 9 Organización y clasificación de los gases según sus volúmenes absorbidos en el agua, usando el agua como sustancia de referencia. Tomado de: Dalton (1803, p. 272).....	23
Figura 10 Organización de pesos relativos de gases y otras sustancias. Tomado de: Dalton (1803, p. 287)	26
Figura 11 Montaje para absorción de gases en agua. Tomado de: Henry, 1802, p. 43.....	28
Figura 12 Adaptación del diseño experimental para la absorción de los gases en el agua. Elaboración propia.	28
Figura 13 Experimentos de Henry. Tomado de: Henry (1802, p.35):	29
Figura 14 Tabla de masas relativas de los gases disueltos en agua. Elaboración propia.....	41
Figura 15 Desarrollo del diseño experimental. Elaboración propia.	42
Figura 16 Diseño de la estrategia didáctica. Elaboración propia.	43
Figura 17 Triangulación de las clasificaciones para la sistematización. Elaboración propia.....	43

Figura 18 Obtención del CO ₂ por desplazamiento del agua. Montaje 1. Experiencia 1. Elaboración propia.....	44
Figura 19 Tratamiento del agua para la absorción de gases. Experiencia 3. Montaje 2. Elaboración propia.....	60
Figura 20 Inyección y extracción de gases. Experiencia 3. Montaje 2. Elaboración propia.	61

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Intenciones de las preguntas orientadoras de las Experiencias. Elaboración propia.	76
Anexo 2 Experiencia 1. Elaboración propia.....	79
Anexo 3 Experiencia 2. Elaboración propia.....	83
Anexo 4 Experiencia 3. Elaboración propia.....	85
Anexo 5 Experiencia 4. Elaboración propia.....	88
Anexo 6 Experiencia 5. Elaboración propia.....	89
Anexo 7 Consentimiento Informado. Tomado de: Universidad Pedagógica Nacional.	92

INTRODUCCIÓN

La presente investigación de tipo cualitativo con enfoque fenomenológico surgió a partir de las experiencias propias en el aula como docente de química que han llevado a la reflexión sobre aspectos relacionados con las propiedades y el comportamiento de los gases que, al analizar algunas fuentes primarias, se ha delimitado a su absorción en el agua para la organización de masas relativas. Dicho fenómeno, es el objeto de estudio que se profundizará mediante los siguientes capítulos.

Dentro de los objetivos de este trabajo, es de interés la construcción de una propuesta de organización de las masas relativas del dióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno, a partir del fenómeno de la absorción de los gases en el agua, para la cual, se hizo un análisis e interpretación de los desarrollos experimentales y teóricos realizados por John Dalton (1803) y William Henry (1802) que, además, permitieron la delimitación del problema de estudio, aportando elementos fundamentales para el diseño y análisis de un montaje experimental que permitió el control de variables, la relación de mediciones y una aproximación a la organización de algunos gases. Lo anterior, fundamenta el diseño, implementación y sistematización de una estrategia didáctica que promovió la recontextualización de los saberes alrededor del fenómeno y que, del mismo modo, permitirá reflexionar sobre la experiencia docente en el aula.

Las investigaciones en educación sobre este fenómeno son escasas, como fue evidente en el capítulo de antecedentes, desconociendo las complejidades y oportunidades que tiene para proponer estrategias didácticas que promuevan la formulación de explicaciones y experiencias dirigidas hacia aspectos termodinámicos de los gases y sus relaciones con las soluciones gas-líquido, los cuales son fundamentales en el desarrollo de habilidades científicas en la enseñanza de la química en básica secundaria, ya que es una temática que permite realizar diferentes prácticas experimentales, además de vincular en análisis de situaciones de la vida cotidiana, como las bebidas carbonatadas y el oxígeno disuelto en las fuentes acuíferas.

El sustento teórico se presentó desde la construcción fenomenológica y los procesos de formalización, bajo los aportes de Østergaard, Dahlin y Hugo (2008), Malagón (2012) y Malagón, Sandoval y Ayala (2013). Así como la ampliación de la experiencia y el experimento con Hacking (1996), Larrosa (2006) y Gómez y Moreno (2018), principalmente, quienes brindaron una perspectiva interesante para el diseño experimental. Sobre las implicaciones de la actividad experimental, Carrascosa, Gil, Vilches y Valdés (2006) aportando ideas sobre cómo implementar las prácticas de laboratorio, lo cual, fue relevante para el diseño metodológico. Finalmente, desde la absorción de los gases en el agua, se resaltan los trabajos de Sander (2015) y Scerri (2006), debido a sus aportes sobre el fenómeno de interés y el sustento sobre discusiones alrededor de las masas relativas.

El presente trabajo, se desarrolló en el marco del grupo de investigación de Estudios Histórico-Críticos y Enseñanza de las Ciencias desde una perspectiva fenomenológica (Malagón et al., 2013) sobre el cual se construyen los aspectos metodológicos de esta propuesta experimental y didáctica, donde se incluyen, primero, elementos constituyentes de las Prácticas de Laboratorio como Investigación (Carrascosa, et al, 2006), y segundo, los atributos que propone el Bachillerato Internacional (IB: International Baccalaureate) en relación con el contexto del Gimnasio Los Pinos,

institución educativa donde se implementó la estrategia didáctica. Estos elementos metodológicos brindaron un aporte fundamental para el ejercicio de reflexión del docente sobre su práctica en el aula, promoviendo prácticas experimentales innovadoras, al mismo tiempo que forma estudiantes indagadores, comunicadores, informados y pensadores.

Invito al lector de este trabajo, a abrir su mente para encontrar un estilo de escritura diferente que, en los Capítulos V y VI, relata un ejercicio de ampliación de la experiencia propia de la autora en el camino de la construcción fenomenológica de la absorción de los gases en el agua por medio de la consolidación de un diseño experimental propio, el diseño, implementación y sistematización de una estrategia didáctica que organizará el fenómeno, no solo para el docente, sino también para la población participante.

Algunos avances teóricos sobre este trabajo fueron presentados en el XIII Encuentro de la Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur (AFHIC), el cual se llevó a cabo del 03 al 07 de junio del 2024 en la ciudad de Foz do Iguazú-Brasil. Con el apoyo de la Oficina de Relaciones Interinstitucionales¹ de la Universidad Pedagógica Nacional fue posible la Movilidad Académica para asistir y participar de diferentes talleres y conferencias sobre filosofía e historia de las ciencias, además de socializar los primeros hallazgos del presente trabajo de grado.

¹ <http://ori.pedagogica.edu.co/2024/06/21/experienciamovilidadsm/>

Capítulo I: Contexto Problemático

El interés por el estudio del comportamiento de los gases y sus propiedades surgió desde la formación como licenciada en química, desde las preocupaciones sobre las formas de enseñar esta fase de la materia, aún más desde un enfoque experimental. A partir de ello, durante el desarrollo de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, se formulan nuevos cuestionamientos que requerían de una profundización disciplinar, ampliación de la experiencia y pedagógica (Ver Figura 1), enfocados en aspectos específicos sobre uno de los primeros gases formados en el universo: el Hidrógeno. El interés por el estudio de las propiedades particulares que lo ubican en el primer lugar de la tabla periódica llevó a ciertas cuestiones iniciales: ¿Por qué el hidrógeno es el primer elemento de la Tabla Periódica? ¿Cuáles fueron los criterios que ubicaron al hidrógeno como la sustancia de referencia para la organización de las masas relativas? ¿Cómo se puede comprender la organización de los elementos químicos? ¿Cuáles son los criterios de organización de los elementos químicos? ¿Cómo se determinó que el Hidrógeno tiene una masa de $1,00 \text{ g mol}^{-1}$? No se espera dar respuesta a cada una de estas preguntas, sino su contribución al proceso de delimitación del problema de estudio.

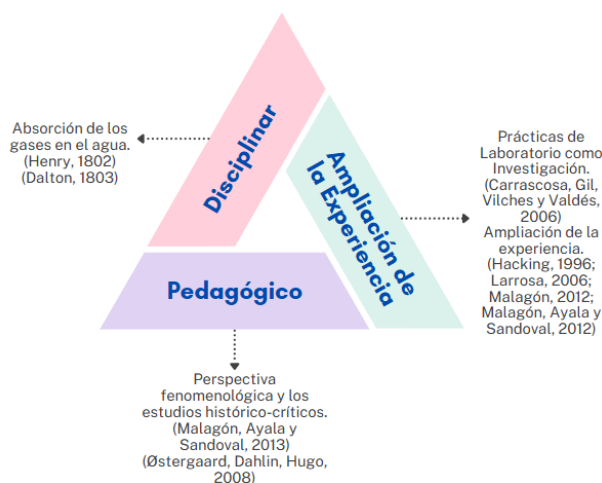


Figura 1 Triangulación de los componentes que guían el trabajo de grado en términos de lo Disciplinar, Pedagógico y la ampliación de la Experiencia. Elaboración propia.

El componente disciplinar, inicia con la búsqueda de fuentes primarias para encontrar la primera organización de sustancias en donde también fueran evidentes los datos de sus masas; así, el texto de Dalton en 1803 resultó revelador, pues es pionero en dicho estudio. Dalton presenta la primera “Tabla de Pesos Relativos de las Partículas Últimas de Gases y Otros Cuerpos” (Dalton, 1803, p.287), en la memoria titulada: *On the absorption of gases by water and other liquids*; aquí, es donde la atención por el fenómeno de la absorción de los gases en el agua surge. En esta publicación Dalton presenta una organización de las masas relativas de algunas sustancias basado en los resultados de los experimentos sobre la absorción de los gases, sin embargo, es de reconocer que él no fue detallista en la descripción de los experimentos, ya que realiza un ejercicio de réplica para poder responder a sus propias preguntas sobre los gases atmosféricos, cabe recordar que él también fue meteorólogo. Por tanto, para profundizar en el experimento que conllevó a la propuesta de una organización de las masas relativas, se situó un interés por la lectura de William Henry en 1802, a quien Dalton citaba constantemente en su memoria.

“Experiments on the Quantity of Gases absorbed by Water, at different Temperatures, and under different Pressures” (1802), es la fuente primaria en donde William Henry, experimentalista, relata con detalle el diseño y los experimentos que lleva a cabo para comprender la forma en la que la temperatura y la presión afecta las absorciones de los gases en líquidos. De este modo, los cuestionamientos iniciales se transforman y se dirigen hacia la comprensión de: ¿Cómo proponer un diseño experimental que aporte a la organización de los gases a partir de sus absorciones en el agua? ¿Qué magnitudes serán posibles medir a partir del diseño experimental? ¿Qué relaciones se pueden establecer entre las mediciones de las diferentes magnitudes? ¿Cómo las mediciones permitirán establecer una organización de los gases? Estas preguntas son las que sirven de apoyo para direccionar el diseño experimental, ya que están estrechamente ligados con los objetivos de este trabajo de grado.

En la revisión bibliográfica de los antecedentes, se encontraron pocos trabajos sobre el estudio del comportamiento de los gases en sus absorciones en líquidos, además de su enfoque en la organización de sustancias por masas relativas, sobre todo, llevándolo a ámbitos educativos. Elementos que son de interés fundamental para este trabajo y que, del mismo modo, conllevarán a la “reivindicación del diseño, realización e interpretación del experimento” (Marín y García, 2013, p. 60), ya que es posible que estos factores se pasan por alto dentro de los diseños didácticos que los profesores realizan, limitando el proceso de construcción de fenómenos y promoviendo prácticas de laboratorio pasivas y repetitivas que no fomentan el pensamiento científico ni la ampliación de las experiencias.

Del mismo modo, pocas veces se tiene en cuenta la postura del docente. ¿Qué entiende el profesor sobre la ciencia que enseña? ¿Cuáles son las construcciones que realiza sobre los conceptos antes de llevarlos al aula? ¿De qué manera, ampliar la experiencia del docente impacta en las estrategias didácticas que comparte con sus estudiantes? Incluso, el hecho de pensarse cuál es el papel del docente dentro de dicha estrategia, parece no ser prioridad, pero se espera profundizar sobre ello desde los componentes pedagógico y ampliación de la experiencia, este último tiene que ver con las formas en las que el docente y estudiantes se acercan al fenómeno.

Por este motivo, Gómez y Moreno (2018), reconocen la importancia de la ampliación de la experiencia del docente, ya que “los sujetos logran construir perspectivas acerca de los fenómenos” (p.21) que, además, permite la consolidación de nuevas formas de actuar, pensar y hacer en el aula (Malagón et al., 2013), apoyados en el experimento que, para efectos de este trabajo, tiene que ver con la consolidación del diseño experimental para la absorción de los gases en el agua, que está en relación con la ampliación de la experiencia del docente en la construcción del fenómeno, sustentado desde el estudio de fuentes primarias que permitieron el planteamiento de una estrategia didáctica bajo los principios de las prácticas de laboratorio como investigación (Carrascosa, Gil, Vilches y Valdés, 2006) y los atributos del IB, la cual, fue implementada y sistematizada, con el objetivo de recontextualizar los saberes alrededor del fenómeno de estudio.

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta la pregunta problema y los objetivos que guiaron este trabajo:

1.1. Pregunta Problema

¿Cómo el análisis de fuentes primarias sobre el fenómeno de la absorción de gases en el agua aporta elementos para la construcción fenomenológica y la ampliación la experiencia docente en el proceso de implementación de estrategias didácticas en enseñanza de las ciencias naturales?

1.2. Objetivos

Objetivo general:

Construir una propuesta de organización de las masas relativas de algunos gases a partir del estudio fenomenológico de sus absorciones en el agua y el análisis histórico de fuentes primarias, para la consolidación de una estrategia didáctica y la ampliación de la experiencia docente.

Objetivos específicos:

Analizar los estudios de William Henry (1802) y John Dalton (1803) alrededor de la organización del fenómeno de la absorción de los gases en el agua.

Diseñar diversos montajes experimentales que den cuenta de la absorción de los gases en el agua, el control de variables y relación de las mediciones, para la aproximación a la organización de estas sustancias por sus masas relativas.

Diseñar, implementar y sistematizar una experiencia de aula, para la recontextualización de los saberes alrededor del fenómeno de absorción de los gases en el agua que permitan la reflexión sobre la experiencia docente.

Capítulo II: Antecedentes

En este capítulo, se presentan las investigaciones que se han realizado previamente, en relación con los objetivos de este trabajo de grado que, además, posibilitan tener un contexto, ya sea histórico o actual sobre asuntos relacionados con la absorción de los gases en el agua. En el ejercicio de búsqueda, se tuvieron en cuenta aspectos principales: la absorción de los gases en el agua, soluciones líquido-gas y la determinación de masas relativas de las sustancias, además de las investigaciones realizadas en programas de posgrado en la Universidad Pedagógica Nacional.

La Universidad EAN, publica un manual de “Generalidades y aplicaciones del equipo de absorción GUNT” (Ruiz, Castillo y Ramírez, 2018) en donde hace explícita la forma de emplear un equipo de alta tecnología que permitió recuperar componentes en fase gas deseados o la eliminación de los que no lo son, además de la obtención de algunos líquidos producidos en la reacción del agua y algún gas (como la formación de ácido sulfúrico). Sin embargo, de este tipo de absorción, se asume que, por tratarse de un proceso industrial, conlleva otros procesos y componentes que se distancian del objetivo de este trabajo. Por ejemplo, requiere un componente gaseoso a separar (absorbato), el gas portador y el disolvente (absorbente) (Ruiz, et al., 2018) mediante una compleja estructura que podría dificultar la construcción del fenómeno para aplicar en el aula.

Para la absorción de los gases en el agua, era necesario pensar en las características que el líquido debía tener, así Baaliña (1997) analiza la “influencia de las condiciones hidrodinámicas en la absorción de SO_2 mediante agua de mar”, lo anterior, con el objetivo de obtener datos de caídas de presión en una torre para comparar los resultados de forma teórica y conseguir la eficacia del modelo. Además, Baaliña (1997) afirma que, en este medio salino y alcalino, la solubilidad de los gases aumenta hasta tres veces en comparación con el agua dulce, “con efectos químicos despreciables” (p. 44), lo cual, resulta interesante, pero no se adaptará para este trabajo dado que implicaría otros análisis en términos de salinidades y soluciones sólido-líquido que distan de las prioridades y compromisos a desarrollar.

En el repositorio de la Universidad Pedagógica Nacional, al revisar los trabajos de grado producidos en nivel de posgrado, se encontraron diferentes enfoques en los que se han utilizado los estudios de Dalton y de Henry, quienes son los autores históricos principales que consolidan este trabajo.

En el marco del análisis sobre las masas relativas de las sustancias, se revisó el trabajo de Aldana (2019), titulado: “El análisis histórico crítico como eje en la construcción de fenomenologías: acerca de la magnitud cantidad de sustancia y mol”, quien tiene como objetivo la construcción fenomenológica de la relación entre equivalente químico y equivalente eléctrico, para la fundamentación de la magnitud cantidad de sustancia, implementando la actividad experimental desde un estudio histórico-crítico, en el cual, analiza textos de Dalton, Gay-Lussac y Faraday para comprender de dónde surgen las medidas de las masas; el autor percibe que Dalton cuenta con una necesidad de determinar los pesos de los gases y la postura atomista para explicar cómo la cantidad de partículas incide en la absorción de estos en el agua (Aldana, 2019, p. 30). Al concluir, se reconoce la importancia del estudio histórico-crítico promoviendo la ampliación de la experiencia docente, para fomentar la actividad experimental en el aula y fortalecer la relación del profesor con el conocimiento que comparte. Las formas de proceder de esta investigación resultan interesantes y relevantes para el presente trabajo en términos de la ampliación de la experiencia, la actividad experimental y las

construcciones fenomenológicas que, ahora, se tendrán en cuenta para la profundización sobre la absorción de los gases en el agua para la organización de sustancias por masas relativas.

Continuando con el análisis sobre masas, el trabajo de Díaz (2020), titulado: “Análisis histórico de las leyes de la conservación de la masa, una contribución a la comprensión de la equivalencia y a la formulación de relaciones estequiométricas en reacciones químicas de neutralización” desarrolla una propuesta en donde analiza la ley de la conservación de la masa en contribución a la comprensión de las equivalencias y formulaciones estequiométricas. La autora hace referencia a los trabajos de Dalton (1803) en relación con la determinación de pesos relativos. Sin embargo, no se profundiza sobre cómo estas unidades terminaron siendo equivalentes con el concepto de “mol” o “peso atómico”, así como la especificación de cómo Dalton llegó a esta organización propuesta.

En relación con las formas de explicar el comportamiento de los gases, el trabajo de Gutiérrez (2021), titulado: “¿Aire o aires? Una reflexión sobre el comportamiento químico del aire”, tuvo como objetivo la identificación de criterios para el diseño de una secuencia de actividades que le permitieran caracterizar el comportamiento del aire, en comparación con otros gases. Este trabajo resultó de interés debido a los estudios histórico-críticos, ya que reconoce las dificultades que se le presentaban a Dalton en 1803 al comprender al aire como una mezcla de gases. Una de las actividades que la autora realiza, es la solubilidad de los gases, sin embargo, dentro de sus conclusiones, afirma que “Como criterio de diferenciación la solubilidad no jugó un papel relevante” (Gutiérrez, 2021, p. 63), lastimosamente, no hay un registro sobre las actividades experimentales que se llevaron a cabo durante las sesiones de intervención para dar cuenta de cómo realizó la práctica. En este sentido, este trabajo de investigación continúa aportando elementos de análisis sobre los gases que amplían la experiencia sobre el fenómeno, ya que el lector encontrará explícitos los montajes experimentales para su implementación en el aula, permitiendo dar cuenta de cómo la absorción de los gases en el agua sí puede ser un criterio de diferenciación de sustancias.

Finalmente, el trabajo de Rondón (2020), titulado: “Relación entre lo ambiental y lo fisicoquímico. El caso del oxígeno disuelto”, tiene una aproximación importante a los objetivos del presente estudio. Su investigación giró alrededor de reconocer la solubilidad de los gases en el agua, haciendo énfasis en el oxígeno para construir una experiencia experimental en el aula, de tal manera que relacione aspectos fisicoquímicos con ambientales. El autor toma como referentes, entre otros, a Dalton y Henry, en donde genera cuestionamientos interesantes a partir de la revisión de las fuentes primarias, como: “¿por qué el agua no acepta la misma cantidad de cada gas?” (Rondón, 2020, p. 15). Se consideran valiosos los aportes del autor, puesto que logra realizar experiencias pese al factor de la virtualidad en la que se desarrolló la investigación. En sus recomendaciones, justamente, menciona el llevar a cabo prácticas de laboratorio de forma presencial en donde se pueda ampliar este componente, además de poder profundizar en aspectos históricos de las ciencias.

En general algunos de estos antecedentes muestran diferentes panoramas para analizar la absorción de los gases, masas relativas y perspectivas de los autores de las fuentes primarias más relevantes de este trabajo. Además, pone en evidencia lo novedoso de esta propuesta, puesto que, se encuentran pocas referencias bibliográficas que desarrollen los aspectos relacionados con técnicas de absorción de los gases en agua, la organización de sustancias por masas relativas, y, en mayor medida, que sea una experiencia que se pueda llevar al aula como parte fundamental de la ampliación de la experiencia docente en su construcción fenomenológica.

Capítulo III: Fundamentación teórica para la construcción del fenómeno de absorción de gases en el agua

A continuación, se presenta el fundamento teórico donde se desarrollan los principales referentes que sustentan los componentes Disciplinar, Pedagógico y Experiencia. Dentro de los cuales se aborda, la construcción fenomenológica, los análisis históricos y las fuentes primarias, así como la postura adoptada para comprender la experiencia y su relación con el experimento que argumente la absorción de los gases en el agua.

3.1. Componente Pedagógico

Construcción fenomenológica y procesos de formalización

Desde el grupo de investigación de Estudios Histórico-Críticos y Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Pedagógica Nacional, se discute la actividad experimental desde la construcción de fenomenologías y los procesos de formalización, los cuales, son elementos fundamentales para la consolidación de este trabajo de investigación.

Los estudios sobre la fenomenología se remontan de, por lo menos, hace dos siglos, siendo las ideas de Husserl unas de las más representativas declarándola una metodología filosófica. Østergaard, Dahlin y Hugo (2008) resaltan el trabajo fenomenológico de Goethe al reconocerle, no solo como poeta y escritor, sino un naturalista interesado por el color, quien consideraba que no había brecha entre los fenómenos y sus teorías, sino que, al organizarlo, este mismo se convierte en una. Pese a los esfuerzos de Goethe por resistirse al reduccionismo de las ciencias naturales, manteniendo su interés por la experiencia real y su ideología de que los fenómenos aparecen ante nosotros logrando, además, que su pensamiento lograra llegar a ámbitos educativos de las ciencias, como las escuelas Waldorf (Østergaard, et al. 2008), esta ideología tenía ciertas diferencias importantes con el pensamiento de Husserl, el cual era netamente filosófico. Por otro lado, Malagón (2012) también reconoce y defiende el experimento, ya que logra ampliar la experiencia fenomenológica para comprender las afirmaciones que se hacen desde las teorías, de tal forma, que éstas tengan un sentido y justificación, más allá de adoptarlas de forma dogmática y que contribuya a la comprensión de una ciencia terminada e incuestionable que, además, fomenta reduccionismos procedimentales.

Un punto en común entre Goethe, Husserl y Malagón es que los fenómenos no se entenderán netamente leyendo sobre ellos, sino que estos se irán presentando ante nosotros a medida que se estudian desde una metodología fenomenológica que pueda darles sentido. De este modo, la actividad experimental recobra una importancia invaluable para la comprensión de las ciencias, pero también involucraría una subjetividad en cuanto a la experiencia de cada sujeto que estudie dicho fenómeno, lo cual, Husserl discutió en su libro póstumo *Crisis in The European Sciences* (1970) (Østergaard, et al. 2008).

En este sentido, desde las construcciones fenomenológicas se reconoce la relevancia de la experiencia sensible de los sujetos, la cual debe ser organizada reconociendo su relación con el mundo que le rodea (Malagón et al. 2013). En el caso del fenómeno de la absorción de los gases en el agua para la organización de sustancias por masas relativas, fue relevante establecer las condiciones necesarias para el diseño experimental que permitió la toma de mediciones, así como la comprensión de los comportamientos de los gases en las soluciones gas-líquido cuando se varían presiones, temperaturas y volúmenes, que suele reducirse a explicaciones teóricas en donde los estudiantes deben acudir a su

imaginación o a ejemplos de lápiz y papel que no aportan elementos para explicar por qué dicha solución se produzca. De este modo, Malagón et al. (2013) y Marín y García (2013) reconocen la importancia de la actividad experimental para la construcción de fenomenologías de estudio y del conocimiento en ciencias.

Adicional a la actividad experimental, Malagón et al. (2013), resaltan la relevancia de la ampliación de la experiencia, la construcción de formas de hablar del fenómeno y la concreción de supuestos conceptuales como elementos fundamentales para la construcción fenomenológica que conllevaría a los procesos de formalización que incluyen elementos de clasificación, relaciones de orden, mediciones y representaciones del fenómeno. Estos procesos de construcción de fenomenologías y formalización permitirán la desaparición de dicotomías entre la teoría-experimento, como actividades individuales que, a su vez, contribuyen a la disolución de las perspectivas cuantitativas y cualitativas, haciendo que el sujeto pueda movilizarse en ambas según los objetivos que se proponga.

Así, la experiencia sensorial del sujeto conlleva una relevancia indiscutible en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y que requiere, por supuesto, una profunda comprensión objeto de estudio que permita la construcción de explicaciones a partir de los diseños y control del experimento que contribuirá al despliegue del fenómeno (Marín y García, 2013). Desde la perspectiva de la fenomenología, se enuncia que el fenómeno cambia cuando la conciencia sobre él también lo hace (Malagón et al., 2013), lo cual permite evidenciar la subjetividad que se otorga según el sujeto que tiene la experiencia con el objeto de estudio y que, por tanto, las preguntas, desarrollos y formalizaciones que se obtengan, serán totalmente distintos. Es aquí, donde la formulación de teorías merece su lugar, puesto que evita la caída de la ciencia en relativismos extremos (Marín y García, 2013) en la diversidad de experiencias, puesto que promueve el trabajo colectivo, la construcción conjunta del conocimiento científico para la consolidación de, como diría Kuhn, paradigmas que estructuran la ciencia.

3.2. Componente Ampliación de la Experiencia

3.2.1. Ampliación de la experiencia y el experimento

Como se mencionó en el apartado anterior, suele existir una dicotomía entre el experimento y la teoría, generando una problemática de interés para la filosofía de las ciencias en donde se cuestiona si la historia de las ciencias naturales es una historia de teorías que conllevaría a una filosofía de teorías en vez de las ciencias (Hacking, 1996), en este sentido, la ciencia experimental se convierte en una prioridad, permitiendo la reivindicación del experimento en la actividad científica, sin restar importancia a la teoría.

Hacking (1996) reconoce a Bacon y Leibniz como personas que privilegiaban el experimento, así como William Henry (1774-1836), quien realizó distintos diseños para la comprensión del comportamiento de los gases a diferentes temperaturas y presiones en soluciones con líquidos y que, además, apoyó estudios posteriores como los de John Dalton (1776-1844), quien realiza un ejercicio de réplica de las actividades experimentales de Henry, logra consolidar trabajos importantes como la determinación de masas relativas de gases, la ley de las presiones parciales de los gases y su teoría atómica.

Pese a que el trabajo experimental de Henry fue el precursor de las teorías que Dalton enuncia, dentro de los libros de texto escolares y la enseñanza en la escuela no se suele reconocer dicha actividad. Se enuncia constantemente la teoría atómica de Dalton en la historia de los modelos atómicos,

desconociendo por completo cómo surge; ignorando que, al final, las teorías tienen un yacimiento desde el estudio de un fenómeno, la construcción y su formalización, que conllevarían a darle sentido a la ciencia que se enseña, evitando presentarla como un cúmulo de resultados incuestionables en el salón de clases.

Cuando el/la docente se cuestiona sobre la ciencia que enseña y cuáles son los principios de las teorías que están en los libros de texto, la lectura de fuentes primarias resulta ser una posibilidad para llegar a la organización experimental que, además, podría suscitar procesos de recontextualización de saberes que implican la adaptación o transformación de conceptos previos que puedan hacerse comprensibles en el estudio y construcción de fenómenos que se creían ya culminados.

Bajo lo propuesto por Larrosa (2006) sobre la experiencia se comprende, principalmente, que ésta cumple el principio de subjetividad, en donde se acepta que cada persona recibe las experiencias de forma distinta, permitiendo que éste organice sus ideas y representaciones (Gomez y Moreno, 2018). Si desde la escuela, se logra implementar esta perspectiva sobre la experiencia, se puede cambiar la idea de caracterizar a los estudiantes como si tuvieran únicamente un “lote de ideas falsas” (*misconceptions*) (Richard, Duschl, Schweingruber & Shouse, 2017), que están a la espera de que el/la docente las organice o corrija, con la posibilidad de caer en errores posinstruccionales (Taber, 2001), los cuáles, tienen que ver con la credibilidad que los estudiantes tienen por la palabra del profesor al considerar sus explicaciones como versiones únicas y verdades absolutas, lo que podría producir una resistencia a experiencias posteriores en su formación. Por el contrario, al ampliar experiencias tanto para el/la docente, como para el/la estudiante mediante la actividad experimental, se permite la construcción colectiva del conocimiento científico; el planteamiento de nuevas preguntas, argumentos, soluciones y formas de hablar de los fenómenos, además, que la enseñanza de las ciencias tenga una perspectiva distinta, lejos de dogmatismos impuestos por la única teorización de los fenómenos sin un complemento experimental.

3.2.2. Sobre las prácticas de laboratorio en la actividad experimental

En la discusión sobre la actividad experimental, es de relevancia adoptar una postura sobre las prácticas de laboratorio que se desarrollan al interior del aula. Hacking (1996), reconoce la obsolescencia de que la ciencia cuente con un único método para la construcción del conocimiento, mucho más cuando se aplica a la escuela. El dilema nace, justamente, desde que se comprende la actividad experimental como la elaboración de un experimento que comprobará una teoría o como el seguimiento de pasos consecutivos que llevarán al resultado esperado según una guía diseñada por el/la docente, sin posibilidad de que el estudiante empiece a pensar en ciencias.

Encasillar el conocer en ciencias bajo un método riguroso y exacto, puede provocar que el estudiante simplemente repita una serie de pasos, teorías y reglas que realmente no comprende; Furman (2008) resalta la importancia de que el estudiante comprenda fenómenos alrededor de los conceptos, sentar las bases del conocimiento científico, promoviendo que se encuentren rarezas o anomalías que inciten la curiosidad, pero no una relacionada con la emoción meramente, sino con la formulación preguntas, hipótesis, debates, experimentos y las transformaciones en las formas de hablar del fenómeno.

Por este motivo, Carrascosa, Gil, Vilches y Valdés (2006) insisten en brindar la posibilidad de que los estudiantes empiecen a tener un enfoque investigativo en sus prácticas de laboratorio, ya que exige que se resuelvan problemas que pueden plantearse a sí mismos sobre el fenómeno de estudio. Sin embargo, es importante que, previamente, el docente haya vivenciado este tipo de actividad experimental indagando desde sus saberes, construyendo y recontextualizando la ciencia que enseña. En el caso específico de este trabajo, si el/la docente no se cuestiona sobre lo que conoce de la

organización de sustancias por masas relativas, reconociendo su desarrollo desde los experimentos sobre absorción de los gases en el agua y los montajes que se pueden organizar, sería más complejo promover que los estudiantes también lo hagan con este y cualquier otro fenómeno.

De acuerdo con lo anterior, Carrascosa, et al. (2006), presentan una propuesta estratégica llamada “Las Prácticas de Laboratorio como Investigación”, para diseñar mediaciones en donde los estudiantes y profesores se alejen de los métodos tradicionales de las prácticas experimentales (Ver Gráfico 3, sección: Capítulo IV: Aspectos Metodológicos), éste será fundamental para llevar a cabo la estrategia didáctica que desarrolló el componente experimental para la absorción de los gases en el agua y su organización por masas relativas.

3.3. Componente Disciplinar

Sobre la absorción de los gases en el agua y las masas relativas²

El fenómeno de la absorción de los gases en el agua cuenta con una amplia relevancia y aplicabilidad en diversos campos como en la química, la biología acuática y el tratamiento de aguas en términos de su oxigenación.

En este apartado, se amplía la información sobre fundamentos teóricos y factores termodinámicos de la absorción de los gases en el agua.

Battino & Clever (1965) reconocen que la ausencia de literatura sobre los métodos de absorción de gases en el agua, lo cual, puede ocurrir por tres razones:

“First, they are normally specific for a particular gas and thus do not show general applicability. Second, it is quite difficult to distinguish between “(chemical) absorption” methods and those which involve purely equilibrium solubilities. The literature for the analysis of dissolved gases was in general ignored. Third, gas absorption studies usually involve complex chemical equilibriums, and, since their purpose is to study the chemical equilibrium involved, the result frequently is that insufficient information is available to properly evaluate the study as an equilibrium gas solubility” (Battino & Clever, 1965, p.397)

Lo anterior, da cuenta de las dificultades que se presentan desde hace mucho tiempo en el estudio sobre este fenómeno, principalmente por el análisis de los equilibrios entre las fases presentes, además de los métodos que se realizan, los cuales pueden ser físicos (saturación y extracción) o químicos (cromatografía). Battino & Clever muestran diferentes montajes que se han desarrollado por varios autores, que demuestra cómo el fenómeno se continúa estudiando, permitiendo que se propongan distintas formas de proceder en términos experimentales, pues también se reflejan distintos valores que se han determinado para la solubilidad del oxígeno, por ejemplo, según autores como: Winkler, Douglas, Morris, Montgomery, entre otros (Battino & Clever, 1965, p. 398). Así, llama la atención el montaje elaborado por Douglas (Ver Figura 2), debido al sistema de jeringas y envases que utiliza para dar cuenta de la absorción de los gases, estos elementos se verán en el Capítulo V: Resultados.

² Nota para el/la lector/a: Durante el texto, podrá evidenciar cómo se transita entre el concepto de peso y masa relativa, esto es debido a que, para Dalton en 1803 no había una diferencia entre ambos términos y él lo denominó como “peso”. Sin embargo, dados los términos actuales, se entiende como “masa”.

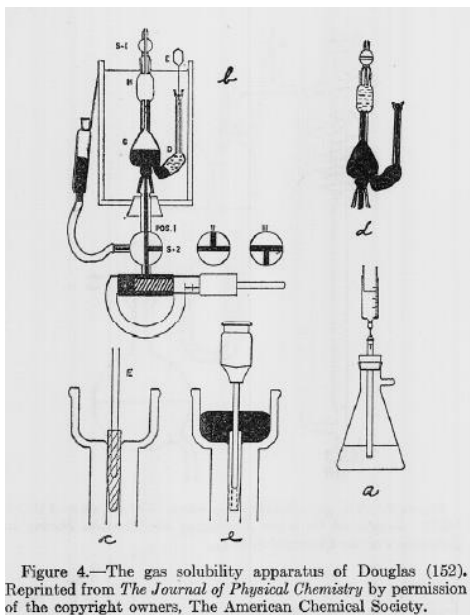


Figura 2 Aparato para la solubilidad de los gases de Douglas. Tomado de: Battino & Clever (1966)

A partir de las lecturas relacionadas con el fenómeno de estudio, surge el debate sobre las relaciones o diferencias entre “absorción” y “solubilidad” de gases en el agua, en donde, luego de la revisión teórica, no se encuentra una diferencia clara, sino que los términos se usan indistintamente para explicar la forma en la que se absorben o se solubilizan los gases cuando están en interacción con los líquidos. Por este motivo, durante este trabajo, se encontrará el uso de ambos términos.

A partir de los estudios histórico-críticos de fuentes primarias como las de William Henry (1802) y John Dalton (1803) se ha priorizado el estudio de este fenómeno. Estos textos son los estudios que consolidaron teorías importantes como la Ley de Henry, en donde se establece la proporcionalidad entre la cantidad de gas disuelto en el líquido con la presión ejercida sobre él a temperatura constante.

Las proporcionalidades en las que las soluciones se ven afectadas por la temperatura y la presión son de interés primordial, ya que de esto dependen los aspectos metodológicos para el diseño experimental, siendo así:

1. Los líquidos aumentan su solubilidad con el aumento de la presión y la temperatura.
2. Teniendo en cuenta el principio de Le Chatelier, el aumento de la temperatura en los gases disminuye la solubilidad de éste en líquidos. Mientras que, basado en la Ley de Henry, el aumento de la presión es directamente proporcional con su solubilidad.

Los dos enunciados anteriores, se tendrán en cuenta para el desarrollo experimental que está en relación con los objetivos de este trabajo, sin embargo, se reconoce que sobre la temperatura del gas, Battino & Clever (1966), encuentran que, por ejemplo, para solventes orgánicos, la temperatura del gas tendrá influencia en sus valores de solubilidad: *“In hydrocarbon solvents at room temperature and atmospheric pressure helium and neon solubility increases with temperature, argon solubility is almost independent of temperature, and krypton and xenon solubilities decrease with temperature”* (p.412). Esto quiere decir que, no siempre, el aumento de la temperatura va a generar una disminución de solubilidad en los gases, sino que depende de la naturaleza solvente, del soluto y su temperatura.

Teniendo en cuenta lo anterior, Dalton utiliza estos experimentos para sus avances sobre las presiones parciales de los gases, en donde Henry, en palabras de Sander (2015) enuncia: “*the amount of dissolved gas is proportional to its partial pressure in the gas phase*” (p. 4399) y la presión total, sería, entonces, la sumatoria de dichas presiones parciales. Sin embargo, para este trabajo se tienen en cuenta las formas en las que Dalton determina y presenta una tabla de pesos relativos de las partículas últimas que le permite organizar las sustancias.

Una de las dificultades que tiene la organización de Dalton (1803), es la relación entre las proporciones de los componentes de las sustancias ya que, en su momento, todavía no era claro el carácter diatómico de algunos elementos, por ejemplo, Dalton creía que la relación del agua era 1:1 (H-O), que posteriormente se determinaría como 2:1 (H₂O), lo que generaría que se interpretara que los pesos atómicos y equivalentes eran exactamente iguales, y que Scerri (2006) problematiza.³

Scerri (2006) define: “*The term “equivalent weight” was subsequently generalized to denote the amount of an element that reacts with a standard amount of oxygen*” (p.19), un concepto que inicialmente se creía empírico debido a que no se basaba en que los compuestos estaban formados por átomos, por tanto, no se tenían en cuenta las valencias de los elementos. Por otro lado, Dalton (1803) al presentar su organización por pesos relativos⁴ quien “*indirectly inferred them from measurements on the masses of the relevant elements combined together*” (p.19) acepta la existencia de los átomos al llamarlos “partículas últimas”, sin embargo, al tener la dificultad con la fórmula química del agua al errar en la valencia del oxígeno, promueve a la confusión de los dos términos que, después, se esclarecerían en el congreso de Karlsruhe, Germany en 1806 (Scerri, 2006). Es por ello por lo que, las organizaciones de los elementos químicos se daban por sus pesos relativos; después, se modificó por los números atómicos, pero esta cuestión no es de interés para los objetivos de este trabajo.

Los trabajos de Dalton se suelen resumir a la ley de presiones parciales y su teoría atómica, pasando por alto, los estudios sobre los gases que conllevaron a ello. Por ejemplo, el pensar que las sustancias se componen de partículas con diferentes tamaños, le posibilita, con el apoyo de los experimentos de Henry sobre la absorción de los gases en el agua, proponer la primera organización de sustancias por pesos relativos y que, además, reemplazaría el criterio de los pesos equivalentes, aunque este proceso tomara casi 60 años (Scerri, 2006).

Así, el fenómeno de estudio para este trabajo recobra un valor esencial para la enseñanza de la química, permitiendo ser implementado en el aula por medio de una metodología de intervención que promueva el diseño de estrategias didácticas teniendo en cuenta los componentes históricos y experimentales que contribuyan a la reconstrucción de explicaciones por parte de los/as docentes.

³ El argumento de Scerri que presentaré a continuación, no tiene como objetivo refutar los desarrollos de Dalton con respecto a las masas relativas de los gases, puesto que, en el presente trabajo de grado, se resalta la perspectiva fenomenológica, en donde se reconoce lo valioso de estos aportes para la época en la consolidación de diferentes desarrollos científicos de la química. No es solamente pensar en las masas relativas como un resultado numérico que coincidía o no con la tabla periódica actual, sino resaltar los desarrollos experimentales y teóricos que estuvieron alrededor de ello.

⁴ Scerri (2006) no los nombra de esta forma, sino que afirma: “*Atomic weights, as distinct from equivalent weights, were first obtained in the early 1800s by John Dalton*” (p.19). Es decir, Dalton en su escrito los define como pesos relativos, pero Scerri los enuncia como pesos atómicos.

Capítulo IV: Aspectos metodológicos

4.1. Fases de la investigación

Presento las tres fases que se llevaron a cabo en esta investigación, como se ilustra en la Figura 3, los cuales, me permitirán construir el fenómeno de la absorción de los gases en el agua, para desarrollar el objetivo general que se propone en esta investigación.



Figura 3 Fases de la investigación. Elaboración propia.

La Fase Inicial, tiene que ver con el ejercicio de conciencia y delimitación del fenómeno de estudio, por medio de la búsqueda de referentes teóricos y antecedentes recientes e históricos, en donde, como docente reflexioné sobre la ciencia que enseñaba y las preguntas que tenía, con el objetivo de profundizar y organizar mis saberes. Este proceso se pudo evidenciar desde el Capítulo I, hasta el Capítulo V, apartado 5.2., en los cuales plasmo mi proceso para delimitar y conceptualizar el fenómeno de la absorción de los gases en el agua, para la organización de masas relativas; culmino esta fase con el estudio y análisis de las fuentes primarias de Dalton y Henry, en relación con el primer objetivo específico que orientó este trabajo, de este modo, proceder con la Fase Intermedia.

En la Fase Intermedia, y basada en las fuentes primarias, llevé a cabo el diseño experimental para la absorción de los gases en el agua, el cual, sería fundamental para comprender los criterios de organización de las sustancias y la determinación de masas relativas para este propósito, cumpliendo con el segundo objetivo específico. Así, realicé la recolección de mi experiencia experimental docente que contribuyó a la formalización del fenómeno que resultó de gran relevancia para diseñar la estrategia didáctica, utilizando los elementos propuestos por Carrascosa, et al. (2006) para las Prácticas de Laboratorio como Investigación.

Finalmente, en la última fase, llevé a cabo la implementación de la estrategia diseñada, para recoger los resultados, sistematizarlos y reflexionar alrededor de la experiencia docente en el proceso de construcción del fenómeno de estudio; elementos fundamentales para el cumplimiento del tercer objetivo específico.

4.2. Perspectiva fenomenológica

Desde la perspectiva fenomenológica, es importante que se tengan en cuenta ciertos aspectos que permitirán la construcción del fenómeno y la formalización del conocimiento en ciencias.

Østergaard, et al. (2008) reconocen que el estudio de la naturaleza de los fenómenos es poco implementado en el aula, impidiendo que los estudiantes y profesores acudan a sus sentidos para poder participar de él y formar sus propias experiencias, lo cual, convierte la enseñanza de las ciencias naturales, no en el estudio de la naturaleza, sino de un mundo abstracto. De este modo, la construcción de fenómenos a partir de la actividad experimental permite diseñar un significado en la ciencia que se enseña, permitiendo que se establezcan formas de hablar bajo supuestos conceptuales que formalizan el conocimiento por medio de la clasificación, relaciones de orden, mediciones y representaciones del fenómeno (Malagón et al. 2013) (Ver Figura 4).

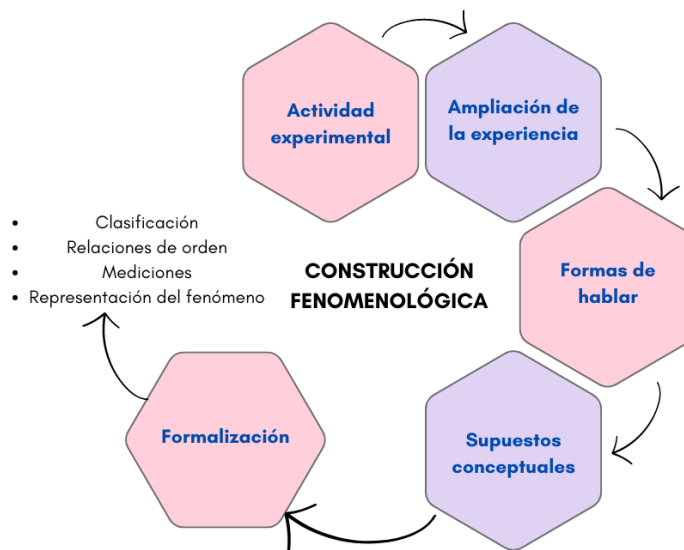


Figura 4 Proceso de construcción fenomenológica, basado en Malagón, Sandoval y Ayala (2013). Elaboración propia.

El enfoque fenomenológico permite que el estudiante y profesor tengan conciencia del fenómeno estudiado, ampliando su experiencia desde la cotidianidad, cuestionándose su verdadera naturaleza que contribuye a la reconstrucción de explicaciones y significados. En este trabajo, se implementó este enfoque por medio de las prácticas de laboratorio con un carácter investigativo.

4.3. Prácticas de Laboratorio como Investigación

Desde la propuesta de Carrascosa et al. (2006), se considera que una forma para promover la actividad científica escolar es cambiar la interpretación que se tiene de las prácticas de laboratorio en la clase de ciencias, en donde más allá de hacer experimentos con una guía establecida, es incentivar la investigación. Proponen 10 aspectos para tener en cuenta, los cuales, dicen no tener una linealidad específica u organización, pero que sí contribuyen a reconocer las posibilidades de la actividad científica y evitar reduccionismos habituales.

Dada la información de Carrascosa et al. (2006), se propone la Figura 5 para ilustrar los 10 aspectos que ellos establecen:



Figura 5 Prácticas de Laboratorio como Investigación, basado en Carrascosa et al. (2006). Elaboración propia.

Las Prácticas de Laboratorio como Investigación están acorde con los atributos del IB, lo cual, corresponde con el contexto educativo de la población. Fue relevante fomentar actitudes indagadoras para emitir nuevas hipótesis a partir de la elaboración de experimentos y la lectura de fuentes primarias de científicos, las cuales, guiarán las experiencias en el aula bajo situaciones problema abiertas que favorezcan la reflexión sobre los problemas de la humanidad y un futuro sostenible (Carrascosa et al., 2006).

Lo anterior, se llevará a cabo mediante una estrategia didáctica que tendrá vinculación con la perspectiva fenomenológica, los atributos del IB y las Prácticas de Laboratorio como Investigación. Se realizaron 5 experiencias, las cuales, tienen como objetivo establecer las bases de conocimiento (Furman, 2008) sobre conceptos generales como: reconocimiento y propiedades de los gases, soluciones, factores que las afectan, soluciones gas-líquido; así mismo, la muestra del diseño experimental. Los participantes deberán llevar una bitácora en donde registrarán lo observado en cada experiencia y reflexionando sobre preguntas orientadoras.

Dentro de los atributos del IB, también se tiene en cuenta que los estudiantes tengan habilidades para comunicar, reflexionar y, sobre todo, informar. Para la última experiencia, tendrán la oportunidad de retomar las preguntas, hipótesis, análisis y propuestas experimentales que deberán registrarlas en un documento final escrito a modo de memorias.

4.4. Contexto de aplicación de las experiencias diseñadas

La población que participó en el desarrollo de la estrategia didáctica, fueron los estudiantes pertenecientes al Énfasis en Ciencias Aplicadas en el Gimnasio Los Pinos, institución educativa privada IB (International Baccalaureate) y bilingüe en la ciudad de Bogotá D.C-Colombia. La

asignatura de Énfasis tiene una intensidad de 4 horas al ciclo (un ciclo tiene seis días) y tiene como objetivo cultivar el potencial de los alumnos gimnapinos en sus intereses particulares, ya sea deportes, artes, humanidades o ciencias. Este espacio académico resulta de especial valor, debido a que los estudiantes eligieron pertenecer a él por una afinidad hacia las ciencias naturales y su deseo por profundizar sus conocimientos y ampliar sus experiencias en dicha área.

Las instituciones educativas con carácter IB, tienen como propósito difundir diez atributos para “formar personas con mentalidad internacional que, conscientes de la condición que las une como seres humanos y de la responsabilidad que comparten de velar por el planeta, contribuyan a crear un mundo mejor y más pacífico” (International Baccalaureate Organization, 2017). Las ampliaciones de las experiencias, lenguajes y conocimientos contribuyen a la formación de estudiantes indagadores, buenos comunicadores, reflexivos y, sobre todo, informados al recibir una formación científica basada en estrategias de aula apoyadas en sustentos teóricos actuales e históricos, en donde la perspectiva fenomenológica (Malagón et al., 2013), y las Prácticas de Laboratorio como Investigación (Carrascosa, et al, 2006) son un apoyo fundamental para este propósito.

Capítulo V: Desarrollo experimental y pedagógico

Para culminar la Fase Inicial de mi investigación, la cual está fundamentada con lo planteado en los Capítulos previos a este, mi objetivo no es resumir lo que John Dalton y William Henry relatan en sus memorias, sino analizar elementos determinantes para mi diseño experimental al mismo tiempo que brindo mi interpretación y relato mi experiencia en el proceso de comprender y recontextualizar mis saberes alrededor de la absorción de los gases en el agua por medio de la lectura de estas fuentes primarias. Invito al lector a ampliar su experiencia con dichos escritos; en el *Capítulo VII: Bibliografía*, podrá encontrar las referencias de los textos.

Posteriormente, para iniciar el desarrollo de la Fase Intermedia, presento mi diseño experimental, uno de los apartados más importantes en este proceso de construcción del fenómeno, el cual, definitivamente permitió la ampliación de mi experiencia que sería evidente en el planteamiento de una estrategia didáctica.

En la última parte de este Capítulo, doy inicio a la Fase Final, con la implementación y sistematización de la estrategia didáctica, donde recojo resultados interesantes por parte de mis estudiantes sobre las experiencias diseñadas que, además, fueron un complemento fundamental en la consolidación de mi diseño experimental y mis prácticas pedagógicas, llevándome a replantear mis formas de proceder, plantear preguntas orientadoras, diseñar actividades, pero, sobre todo, mi rol como docente en el aula.

5.1. Sobre la absorción de los gases en el agua y otros líquidos, por John Dalton

Como mencioné en el *Capítulo I: Contexto Problemático*, este trabajo surgió desde mi interés sobre el hidrógeno y sus características particulares por las cuales se le otorga su ubicación en la Tabla Periódica, lo cual, fue transitando hacia cuestionamientos sobre las formas de organización de las sustancias y el momento en el que se establece que el hidrógeno sería denominado como una sustancia de referencia, es decir, la unidad, como se puede ver en su número atómico 1, densidad de 1 g mol^{-1} , 1 electrón de valencia y grupo 1.

Para encontrar elementos que me permitieran explicar este fenómeno, acudí a buscar algunas fuentes que me remitieran a algunas de las primeras organizaciones de las sustancias, para dar cuenta del momento en el que se hace la definición del hidrógeno como referencia. De este modo, encontré una organización que John Dalton realiza a partir de masas relativas de las sustancias, en donde establece que la del hidrógeno es 1. Este texto se titula “*On the absorption of gases by water and other liquids*” en el libro “*Memoirs of the literary and philosophical society of Manchester*” en 1803.

Específicamente el artículo que mencioné fue de especial interés para mí. No esperaba que la organización de sustancias por medio de sus masas relativas tuviera que ver con la absorción de los gases en el agua. Invito al lector a que se remonte a las épocas de 1803. Para este momento, todavía no existía una propuesta de modelo atómico, sino el atomismo de Demócrito y Leucipo⁵, ni tampoco se había enunciado la teoría de las presiones parciales, dos trabajos fundamentales de Dalton. Por este

⁵ Dentro de las reflexiones filosóficas sobre la naturaleza, también se encuentran otros representantes influyentes, como Gassendi y Boyle.

motivo, quiero hacer notorio que, la forma en la que él redactaba sus hallazgos alrededor de diferentes temáticas no fue de fácil comprensión por el vocabulario al que acudía para explicar. Un ejemplo de ello es que para la época Dalton reconocía como “azote” al elemento que conocemos como nitrógeno⁶.

Por medio de artículos en este libro, Dalton relata cómo al pensar en que a mayores alturas hay menor cantidad de oxígeno, se da cuenta de que los gases del aire son independientes, no unidos químicamente⁷ ni una sola sustancia, en este sentido, se propone determinar el peso de cada una de las partes que componen el aire, así como sus pesos relativos.

Dicho lo anterior, en este apartado pretendo ordenar los aportes de Dalton en torno a comprender cuáles fueron los elementos teóricos y experimentales que le permitieron sus estudios.

Dalton organiza su informe en 15 postulados, en donde inicia describiendo algunos aspectos experimentales, los cuales, presento a continuación:

- 1. Gases en el agua y técnicas de extracción:** Reconociendo que el agua tiene gases disueltos, primero, se debe hacer un tratamiento para poder liberarlos. Por ello, emplea dos técnicas de extracción.

La primera técnica que él enuncia es por medio de la ebullición rápida del agua en un corto tiempo, y la segunda, por medio de una bomba de aire, junto con una agitación constante y vigorosa. Pese a ello, no es posible afirmar en esta última la presencia de un “vacío” en el interior del envase, pues en sus ilustraciones y descripciones, él tiene en cuenta la presencia del aire en la superficie, lo que quiere decir que reconoce que pueden quedar porciones de éste que, igualmente, podrían afectar los datos que logra obtener.

En el montaje de Dalton, para la absorción de los gases de primera clase (gas de ácido carbónico, etc.)⁸ utiliza un Eudiómetro (Ver Figura 6).

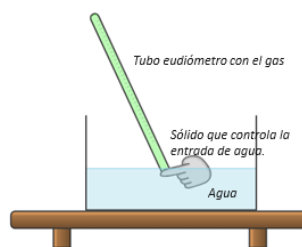


Figura 6 Representación de las descripciones de Dalton sobre la absorción de los gases de primera clase en el agua. Elaboración propia, adaptado de Dalton (1803).

Este eudiómetro tiene un agujero que se puede tapar con un dedo; este instrumento se llena en su totalidad con el gas y se le pone un sólido en el agujero para aislar, al quitar este sólido, se permite la entrada de un volumen de agua y se tapa el agujero con el dedo. Después, se

⁶ Sin embargo, en lenguas francófonas, la traducción de nitrógeno es azote.

⁷ No hay transformación de las sustancias.

⁸ Teniendo en cuenta los gases de primera clase como los de mayor absorción. Los de segunda, tercera y cuarta clase son menos absorbibles en el agua. Este aspecto se ampliará más adelante.

agitará y se permitirá la entrada de agua nuevamente. Se harán repeticiones hasta que no ingrese más líquido por el tubo. Se mide el volumen de agua que ingresa y este será el dato del volumen del gas que no se absorbe en agua.

Para los gases de segunda, tercera y cuarta clase, se utilizó una ampolla con 2700 granos⁹ de agua y un tapón que debe estar bien asegurado para evitar que los cambios de temperatura alteren las masas (Dalton, 1803, p. 280).

Dalton no fue muy detallado en la descripción de sus montajes e instrumentos en esta publicación. Por este motivo, me quedan algunas preguntas sobre ello. Por ejemplo: ¿de qué manera llenó el eudiómetro de gas? Y, además, ¿cómo podría asegurarse de que, por el aparente manejo que le daba al agua tratada, no se estaban absorbiendo nuevamente gases como el aire? ¿Acaso la cubeta estaba sellada?

Al demostrar la posibilidad de la extracción del aire contenido en la porción de agua, también permite pensar en la inyección de algunas otras sustancias como oxígeno (O₂)¹⁰, azote (N₂) y olefiante (C₂H₄), entre otros; evaluando así, las proporciones en las que éstos se absorben en el agua, las cuales, Dalton representó por medio de fracciones $\frac{1}{1}, \frac{1}{8}, \frac{1}{27}, \frac{1}{64}, \frac{1}{125}$, o en números naturales (1, 2, 3) elevados al cubo, así: $\frac{1}{1^3}, \frac{1}{2^3}, \frac{1}{3^3}, \frac{1}{4^3}$ (Dalton, 1803. Art. 2., p. 271).

Para analizar las proporciones en las que Dalton estaba definiendo la absorción de los gases en el agua, es necesario resaltar que él las estableció en términos de volúmenes absorbidos, los cuales, serían proporcionales a las presiones de estos. He pensado en un ejemplo para poder ampliar sobre este aspecto: Imaginemos que se tiene un montaje similar al de Dalton: un recipiente que tenga alguna válvula que permita la liberación e inyección de gases, debe ser de un material que permita ver a través de él y que tolere los cambios de presión y temperatura. Se vierten 100 mL de agua (misma capacidad del recipiente), el cual se calienta para extraer por ebullición cualquier gas que pueda estar disuelto y liberado por la abertura. Manteniendo constante la presión y temperatura, inyectamos 100 mL de hidrógeno en el agua tratada y se hace una agitación constante (Dalton, 1803. Art. 2., p. 271), es importante marcar la altura inicial de la superficie entre el agua y gas. Si no se hace evidente ningún cambio en dicha marca, quiere decir que no hay absorción y, por tanto, tendríamos un volumen total de 200 mL entre el agua y el gas (asumiendo que estas medidas son aditivas) (Ver Figura 7. A.).

Entonces, ¿cómo podríamos dar cuenta que el gas se está absorbiendo, teniendo en cuenta que, por ejemplo, el hidrógeno es incoloro? La marca inicial realizada entre el gas y el agua debería verse modificada, encontrándose más arriba que la inicial. Así, si hubiese una cantidad de gas no absorbida, podría ser extraída y este volumen debería ser inferior a los 100 mL inyectados inicialmente. De esta

⁹ Unidad de medida de la masa obsoleta. 1 grano equivale a 0,065 gramos. Por tanto, 2700 granos hacen referencia a, aproximadamente, 174 gramos.

¹⁰ Dalton identificaba los gases como monoatómicos, pues para esta época, aún no se habían establecido proporciones que permitieran definir que estos gases, en realidad, se encuentran de forma diatómica en la naturaleza H₂, N₂, O₂, dándose a conocer con Gay-Lussac en años posteriores.

manera, por diferencia de volúmenes se establecería el volumen absorbido del gas. (Ver Figura 7. B.)¹¹.

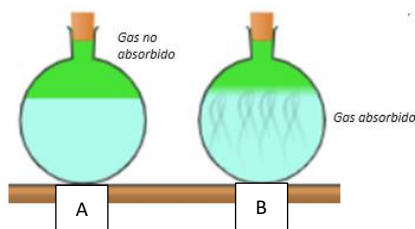


Figura 7 Ejemplo de absorción. El color verde hace referencia al gas y el azul para el agua. A. Representación de la no absorción del gas. B. Representación de una fracción absorbida del gas. Elaboración propia.

A partir de los datos experimentales de Dalton, donde define la fracción de absorción del hidrógeno en $\frac{1}{64}$ (Dalton, 1803, p. 283); podríamos interpretarlo como 1 mL de gas en 64 mL de agua, entonces, para 100 mL de este último, se absorberían 1,5625 mL de H₂ de 100 mL inyectados. Entonces, si se realiza la extracción, se esperaría obtener por diferencia aproximadamente 98,4375 mL. Soy consciente de los obstáculos que se pueden presentar para obtener estos datos experimentalmente justamente porque se debe considerar que ese gas extraído y/o absorbido, primero, no será únicamente hidrógeno (pues puede haber interferencias del aire), y segundo, puede haber pérdidas o alteraciones del volumen inyectado y/o extraído por difusión en el ambiente si no se cuenta con un recipiente que permita controlar las variables de una forma efectiva. No tengo claro cómo podría Dalton haberse asegurado del volumen de gas inyectado inicialmente o de las formas de obtención de este.

Apoyado en estas experiencias, Dalton realizará una primera organización de algunos gases según los volúmenes absorbidos. Retomando alguno de mis cuestionamientos presentados en el Capítulo II: Contexto Problemático, relacionados con las sustancias de referencia, para Dalton, en este caso, era el agua, con una fracción de $\frac{1}{13}$, la cual fue referente para establecer y organizar las proporciones de otros gases. Esto es importante teniendo en cuenta mi objetivo al analizar esta fuente primaria, puesto que me permitió notar que, el establecer al hidrógeno como referente para masas y organizaciones no fue al azar, sino que otras sustancias previas experimentalmente fueron relevantes, lo que define un proceso transcurrido para llegar a notar particularidades en este gas que lo llevaría a usarse como referente en análisis posteriores.

En la Figura 8, Dalton organiza los datos sobre los diferentes gases en términos de “clases”; así: los gases menos absorbibles son de clase 2, 3 y 4; los gases más absorbibles son de clase 1 (p. 279). También, en el postulado 2 (p.271) les atribuye unos valores de volumen que están dados en fracciones o en números elevados al cubo (Ver Figura 8):

Bulk absorbed, the bulk of water being unity. $\frac{1}{1^3} = 1$	Carbonic acid gas, sulphuretted hydrogen, nitrous oxide. *
--	--

¹¹ Esta imagen tiene envases rígidos. Fue diseñada pensando en la interpretación de lo enunciado por Henry, sin embargo, no tiene que ver con el diseño experimental que yo planteo.

$\frac{1}{2^3} = \frac{1}{8}$	Olefiant gas, of the Dutch chemists.
$\frac{1}{3^3} = \frac{1}{27}$	Oxygenous gas, nitrous gas, + carburetted hydrogen gas, from stagnant water.
$\frac{1}{4^3} = \frac{1}{64}$	Azotic gas, hydrogenous gas, carbonic oxide.
$\frac{1}{5^3} = \frac{1}{125}$	None discovered.

Figura 8 Organización y clasificación de los gases según sus volúmenes absorbidos en el agua, usando el agua como sustancia de referencia. Tomado de: Dalton (1803, p. 272)

Dentro de esta organización por volúmenes, al hidrógeno, como se mencionó anteriormente, se le determinó una proporción de $\frac{1}{64}$, la misma del óxido carbónico (CO)¹² y del gas azote (N₂), es decir que estos son los gases que menos se absorben en el agua (cuarta clase). El sulfuro de hidrógeno (H₂S) y el óxido nitroso (N₂O), cuentan con la misma proporción de la unidad referente (es decir, $\frac{1}{13}$), por tanto, son los que cuentan con mayor absorción (primera clase). Considero interesante que Dalton presenta una proporción de $\frac{1}{125}$ que se la atribuye a gases aún no descubiertos (Dalton, 1803, p. 272) (quinta clase).

Por otro lado, Dalton realizó un experimento en donde mezcló diferentes gases con agua, también pudo notar que, por ejemplo, entre el gas oxígeno (O₂), azote (N₂) y ácido carbónico (CO₂), las absorciones se dieron en diferentes proporciones. Cuando ebulló el agua, notó que se liberó mayor volumen de gas azótico, después estaba el oxígeno y finalmente el ácido carbónico en gas en menor cantidad. Este asunto me genera curiosidad, ¿cómo podía determinar cuál era el gas que se liberaba primero, segundo y tercero? Considero que tenía relación con las proporciones en las que se absorbe cada uno. Es decir, si tengo en cuenta que el nitrógeno tiene una absorción de $\frac{1}{64}$, el oxígeno $\frac{1}{27}$ y el ácido carbónico de $\frac{1}{1}$, lo que sucedería sería que, el primero, al ser el menos absorbible habrá mayor volumen de gas “libre”¹³, lo cual, se traduce en mayor presión sobre la superficie, así que, al abrirse el envase, será el que salga primero, luego el oxígeno y, finalmente, el dióxido de carbono se absorberá casi en su totalidad en el agua, así que, la porción que se liberará será mínima y saldrá en último lugar. Lo anterior, por supuesto que también tendría relación con las densidades, las cuales, son diferentes a las del agua. En este caso, el hidrógeno sería el menos denso.

2. Relación volumen-densidad-presión: Ahora, ¿cómo hizo Dalton para pasar de datos de volumen en correspondencia con la capacidad de absorber de los gases, a relacionarlos en términos de densidad y presión? Aparentemente, Dalton asume que, la cantidad de gas absorbido es proporcional la densidad y la presión, debido a que, cuando el volumen de gas

¹² Para la época, aún no estaban establecidas las nomenclaturas que conocemos actualmente. Así que, para hacer referencia al dióxido de carbono (CO₂), se usaba *Carbonic acid gas* (gas ácido carbónico); para hacer referencia al monóxido de carbono (CO), se usaba *Carbonic Oxide* (óxido carbónico).

¹³ No absorbido.

no absorbido es mayor al absorbido, se puede notar que esto ocurre con los gases menos densos, como el hidrógeno. Adicionalmente, esta porción que no se absorbe ejercerá una presión mayor sobre el recipiente que lo contiene, de esta manera, puede organizar y clasificar sustancias.

Dalton pudo notar que las densidades de los diferentes gases cambiaban si estaban dentro o fuera del agua, ya que esto tenía que ver con las variaciones de la presión que eran deducibles a partir de las distancias entre las partículas¹⁴, sin embargo, esto no influye químicamente en las partículas (recordemos que Dalton aún no hacía referencia a los átomos), por el contrario, los principios mecánicos eran los únicos que intervenían en las absorciones de los gases en los líquidos, hoy en día se sabe que, por ejemplo, el dióxido de carbono en contacto con el agua puede reaccionar formando ácido carbónico.

Lo anterior me recuerda a la pregunta que Rondón (2020) reflexiona de la memoria de Dalton (1803): “¿por qué el agua no acepta la misma cantidad de cada gas?” (p. 15) y, justamente, el análisis de lo que Dalton escribe, permite comprender que estaría relacionado con las masas y el número de partículas últimas¹⁵ de los gases, lo cual, permite su organización. Es decir, las sustancias con menor peso y “más simples”, serían las que tendrían menor absorción. Para la época, hacer referencia a las masas de las partículas era algo nuevo, por lo que no era muy sencillo hacer afirmaciones con seguridad, sino apenas predicciones.

3. Organización: Teniendo en cuenta que las sustancias más ligeras, menos densas y con menor absorción eran el nitrógeno y el hidrógeno, continúo preguntándome cómo llega a otorgar la unidad y definir al hidrógeno como sustancia de referencia. Así que, tomando los datos que Dalton brinda en su artículo pude organizarla en la Tabla 1, en donde pude llegar a una primera consideración sobre ello.

	Relación de densidades de los gases dentro y fuera del agua en función de la distancia de las moléculas. >Distancia à >Densidad	Volúmenes absorbidos o presión de gas disuelto en el agua (P_{gd}).	Relación entre la presión del gas disuelto en el agua (P_{gd}) y la presión del gas sobre la superficie (P_{gs}). $P_{gd} + P_{gs} = 1$
Gas ácido carbónico (CO_2), etc.	1 La densidad fuera y dentro del agua es la misma.	$\frac{1}{1^3} = 1$	$\frac{1}{1^3} + \frac{0}{1} = 1$
Gas olefiante (CH_2CH_2), etc.	2 La densidad es el doble dentro del agua.	$\frac{1}{2^3} = \frac{1}{8}$	$\frac{1}{8} + \frac{7}{8} = 1$
Gas oxígeno (O_2).	3 La densidad es el triple dentro del agua.	$\frac{1}{3^3} = \frac{1}{27}$	$\frac{1}{27} + \frac{26}{27} = 1$ Dato de P_{gs} dado por Dalton (1803, p. 283)
Gas azote (N_2).	4 La densidad es el cuádruple dentro del agua.	$\frac{1}{4^3} = \frac{1}{64}$	$\frac{1}{64} + \frac{63}{64} = 1$ Dato de P_{gs} dado por Dalton (1803, p. 283)
No descubierto	5 La densidad es el quíntuple dentro del agua.	$\frac{1}{5^3} = \frac{1}{125}$	$\frac{1}{125} + \frac{124}{125} = 1$

¹⁴ Así las nombra Dalton.

¹⁵ Hoy conocidas como: átomos.

Gas hidrógeno (H ₂)	4 La densidad es el cuádruple dentro del agua.	$\frac{1}{4^3} = \frac{1}{64}$	$\frac{1}{64} = \frac{1}{64}$ Dato de P_{gS} dado por Dalton (1803, p. 283). Al no haber cambios en el dato de presiones del hidrógeno, asumo que es porque, en realidad, este gas se absorbe en proporciones casi imperceptibles.
---------------------------------	---	--------------------------------	---

Tabla 1 Organización e interpretación de los datos dados por Dalton (1803). Elaboración propia.

Hasta acá, la sustancia de referencia es el agua, pero cuando se empiezan a analizar las presiones ejercidas por el gas absorbido y el que queda en la superficie, es decir, el que no se absorbe, es que se logran distinguir datos de gases individuales para poder establecer cuáles son más absorbibles que otros, incluso cuando hacen parte de la misma clase, lo cual, podría producir la modificación de esta sustancia de referencia.

Dalton hace alusión específicamente a la presión que ejercen la porción de oxígeno, nitrógeno e hidrógeno absorbidos en el agua (P_{gD}) y la presión ejercida sobre la superficie de las porciones no absorbidas o sobre la superficie (P_{gS}). Estos datos están presentados en la tercera columna de la Tabla 1. Me doy cuenta de que, si para la referencia, las presiones son 1 y las presiones de los gases disueltos están dadas en fraccionarios, entonces las presiones de los gases no disueltos también debían estar expresadas en los fraccionarios restantes para llegar a la unidad. Es decir, si el nitrógeno se absorbe $\frac{1}{64}$, entonces la cantidad no absorbida se encontraría así: $\frac{1}{64} + x = 1$, lo cual, corresponde con el dato que Dalton brinda: $\frac{1}{64} + \frac{63}{64} = 1$. Así que establecí la misma relación para los gases de la clase 1, 2 y 5 para poder completar la información. En todos los casos obtengo un resultado de 1, a excepción del hidrógeno, puesto que, según los datos de Dalton, ambas presiones dieron como resultado $\frac{1}{64}$, de lo cual, interpreto que la absorción de este gas en el agua es casi imperceptible para que se vea reflejado en la variación de las presiones, y que, por tanto, pudo generar que llamara su atención para establecerle como referente.

Dalton presenta su organización de sustancias por las masas relativas de las partículas últimas de los gases y otros cuerpos (Ver Figura 9). El establecimiento de estos valores generó muchas dudas en mí, debido a que fue difícil comprender cómo llegó a estos valores a partir de los datos que había brindado hasta ahora en términos de volúmenes, presiones y densidades.

T A B L E	
<i>Of the relative weights of the ultimate particles of gaseous and other bodies.</i>	
Hydrogen.....	1
Azote.....	4.2
Carbone.....	4.3
Ammonia.....	5.2
Oxygen.....	5.5
Water.....	6.5
Phosphorus.....	7.2
Phosphuretted hydrogen.....	8.2
Nitrous gas.....	9.3
Ether.....	9.6
Gaseous oxide of carbone.....	9.8
Nitrous oxide.....	13.7
Sulphur.....	14.4
Nitric acid.....	15.2

Sulphuretted hydrogen.....	15.4
Carbonic acid.....	15.3
Alcohol.....	15.1
Sulphureous acid.....	19.9
Sulphuric acid.....	25.4
Carburetted hydrogen, from stag. Water.....	6.3
Olefiant gas.....	5.3

Figura 9 Organización de pesos relativos de gases y otras sustancias. Tomado de: Dalton (1803, p. 287)

Al desconocerse las proporciones de los elementos en los compuestos químicos, donde el agua, se consideraba como H-O, relación 1:1, no H₂O, relación 2:1. Esto es evidente en la Tabla de pesos relativos que Dalton proporciona, permitiendo establecer una aproximación de la composición de las sustancias, las cuales, pueden compararse con lo que conocemos en la actualidad y que está contemplado en la Tabla Periódica, así (Ver Tabla 2):

Nombre		Fórmula		Peso del elemento		Peso del compuesto	
Actual	Dalton ¹⁶	Actual	Dalton	Actual	Dalton	Actual	Dalton
Agua	Water	H ₂ O	HO	H= 1,00794 g mol ⁻¹ O= 15,9994 g mol ⁻¹	Hydrogen= 1 Oxygen= 5.5	18,01528 g mol ⁻¹	6,5
Amoniaco	Ammonia	NH ₃	NH	N= 14,0067 g mol ⁻¹ H= 1,00794 g mol ⁻¹	Azot= 4,2 Hydrogen= 1	17,03052 g mol ⁻¹	5,2
Monóxido de carbono	Gaseous oxide of carbone	CO	CO	C= 12,0107 g mol ⁻¹ O= 15,9994 g mol ⁻¹	Carbone= 4,3 Oxygen= 5.5	28,0101 g mol ⁻¹	9,8
Dióxido de carbono	Carbonic Acid	CO ₂	CO ₂	C= 12,0107 g mol ⁻¹ O= 15,9994 g mol ⁻¹	Carbone= 4,3 Oxygen= 5.5	47,9982g mol ⁻¹	15,3
Eteno	Olefiant	CH ₂ - CH ₂	CH	C= 12,0107 g mol ⁻¹ H= 1,00794 g mol ⁻¹	Carbone= 4,3 Hydrogen= 1	28,05316 g mol ⁻¹	5,3

Tabla 2 Comparación de datos actuales con los publicados por Dalton en 1803. Elaboración propia.

El estudio de la determinación de las masas relativas de las sustancias ha logrado ampliar mi experiencia en torno a los desarrollos experimentales y teóricos que sucedieron en aquella época y que le permitieron a Dalton consolidar varios de sus más grandes éxitos en la ciencia. Al notar que siempre que se tiene el mismo gas, este tendrá la misma absorción en el agua y, por tanto, la misma masa, pudo conducir a la conclusión de un postulado fundamental de la teoría atómica de Dalton, en donde enuncia que todas las partículas últimas del mismo cuerpo tendrán la misma masa y

¹⁶ Estos nombres no son propuestos por Dalton, sino que dan cuenta de la nomenclatura que se utilizaba en la época. Añadido esta columna para hacer un contraste histórico con respecto al actual, pero no es relevante para el análisis de las masas y composición.

propiedades, pero será diferente de la de otros cuerpos. Igualmente, al analizar las presiones de los gases disueltos y no disueltos en solución con líquidos, concluir en su ley de las presiones parciales, en donde enuncia que la sumatoria de la presión de cada cuerpo, da como resultado la total del sistema.

Un aspecto que aún no me queda resuelto, es el experimental sobre el fenómeno de absorción de los gases en el agua, puesto que me deja cuestionamientos sobre el montaje y cómo todas las medidas anteriores se pudieron obtener para consolidar la organización final de Dalton. Por este motivo, fue necesario acudir a otra fuente, la cual, fue una mencionada constantemente por Dalton en su memoria.

5.2. Experimentos sobre la cantidad de gases absorbidos por el agua, por William Henry

Dalton cita interpretaciones, ideas y diseños experimentales realizados por William Henry (Dalton, 1803, p. 272, 277, 280, 279) que fueron de utilidad para la organización experimental que diseñé para establecer mi organización de los gases. Por esta razón, analicé los elementos descritos en: “*Experiments on the Quantity of gases absorbed by Water, at different Temperatures, and under different Pressures*” por William Henry en 1802.

Henry realizó diversas pruebas para determinar solubilidades de los gases en el agua, las cuales, plasmó en términos de pulgadas con respecto a cierta cantidad de pulgadas cúbicas de agua. Para ello, contaba con dos montajes que estarían adecuados para experimentar con gases de alta absorción (gas hidrógeno sulfurado, óxido nitroso, gas ácido carbónico, etc.) y de baja absorción (Hidrógeno, azote, oxígeno, etc.), tal y como Dalton lo relató, sin embargo, ambos utilizaron montajes distintos.

En el caso de Dalton, encontraba dificultades para comprender cómo había realizado las mediciones de presión que presentaba, además de densidades, volúmenes y, finalmente, en términos de masas relativas. En el caso de Henry, este aspecto se esclarece (por lo menos, en referencia a las presiones y cantidades), pues en su montaje, describe la existencia de una columna “B”, como se ve en la Figura 10 y Henry divide en Fig. 1 y Fig. 2, que es “un tubo de vidrio, aproximadamente $\frac{1}{4}$ pulgadas de diámetro doblado en ángulo recto graduado” (Henry, 1802. p. 30-31). Para el caso de los gases de mayor absorción, se vierte mercurio en un recipiente “A”, de la Fig. 1 que es de vidrio, de aproximadamente $4\frac{1}{2}$ pulgadas de largo graduado. El montaje cuenta con un sistema de llaves ubicadas en la parte superior e inferior del recipiente “A” que permitirán el ingreso del agua, mercurio y el gas inyectado. El objetivo, es que el nivel de mercurio en la columna “B” y el recipiente “A”, sea el mismo, por tanto, “la cantidad de mercurio necesaria para este fin indicará exactamente la cantidad de gas absorbido” (p. 31). Para el caso de los gases menos absorbibles, Henry tuvo que realizar una modificación, ya que el primero no le permitió realizar las mediciones esperadas, para ello, se usaba el recipiente de la Fig. 2, el cual también es de vidrio, con una capacidad de $57\frac{1}{2}$ pulgadas cúbicas (p. 31), la inyección de agua, el gas y mercurio funcionaba diferente, pero tenía el mismo principio de mantener el mismo volumen de mercurio para determinar la cantidad de gas absorbido en el agua.

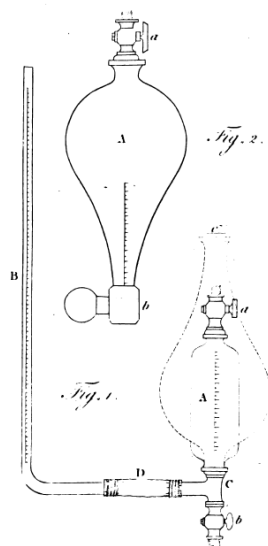


Figura 10 Montaje para absorción de gases en agua. Tomado de: Henry, 1802, p. 43.

Para ampliar la explicación del montaje, presento en la Figura 11 una adaptación que realicé basada en Dalton y Henry. Me quedaban algunas dudas sobre cómo se podría controlar la temperatura, por este motivo, decidí que el envase, en este caso un Erlenmeyer con desprendimiento lateral, estaría dentro de un baño de aceite, reconociendo que esta sustancia se caracteriza por tener buena conductividad térmica y, debido a que tiene un punto de ebullición más alto que el agua, permite alcanzar y mantener temperaturas. Se utilizará una plancha de calentamiento con agitador para aumentar la superficie de contacto y la homogeneidad de la transferencia de calor. Además, se contará con un termómetro que estará dentro del Erlenmeyer para poder llevar el registro de esta variable.

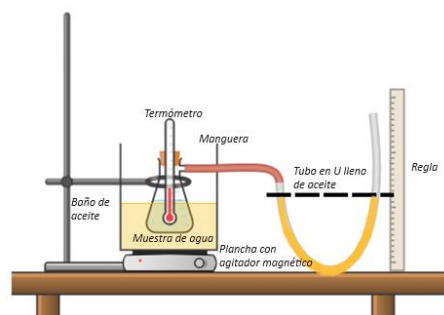


Figura 11 Adaptación del diseño experimental para la absorción de los gases en el agua. Elaboración propia.

La columna de mercurio con la que contaba Henry es un instrumento complejo de adecuar, así que lo adapté con un tubo en U, el cual estará, igualmente, con una porción de aceite que permitiría tomar mediciones de distancias desplazadas por liberación u absorción de los gases. Inicialmente, las medidas de aceite deben estar iguales en ambos extremos de la U; este fue uno de los primeros diseños que planteé, el cual, estaba pensado únicamente para dar cuenta de la liberación de gases en el tratamiento del agua, pero aún no tenía claridad sobre la inyección y posterior absorción. Sin embargo, me permite mostrarle al lector, un acercamiento e interpretación de lo que Dalton y Henry hicieron.

En cuanto al tratamiento de las sustancias, Henry reconoce e insiste en recalcar que el agua nunca quedará totalmente libre de aire absorbido (cuestión que Dalton también tuvo en cuenta), así como es

posible que, en la inyección del gas, también se incorporen algunas porciones de aire, las cuales, van a influir en las cantidades absorbidas del gas.

De los experimentos de Henry, me llama la atención que, basado en Dr. Brownrigg observan que el gas “no escapa del agua que impregna, a menos que el agua esté en contacto con el aire” (p. 34); este asunto es de importancia con respecto a los trabajos de Dalton, puesto que, como mencioné anteriormente, el aire sí tendría influencia en las proporciones que éste último realizaba. Además de ello, recordemos que los experimentos de Henry giraban en torno a comprender cómo la temperatura y la presión tenían repercusiones en el fenómeno.

Henry presenta 6 experimentos (Ver Figura 12), en los cuales se basó en trabajos de Cavendish, que estaban relacionados con la influencia de la temperatura en el fenómeno de absorción de los gases. En este punto, interpreto que Henry quería establecer una relación o encontrar una constante entre la temperatura y la cantidad de gas y/o agua empleados. Sintetizaré aspectos relevantes a continuación:

Experiment.	Temperature.	Measures of water.	Measures of gas.	Quantity absorbed.	Residue.	Absorbed by 100 inches of water.
1	55	13	32	14	18	108
2	85	13	32	11	21	84
3	55	13	24	14	10	108
4	55	10	15	10	5	100
5	55	20	20	18	2	90
6	55	19	19	16	3	84
7	85	19	19	13	6	70
8	110	10	20	6	14	60
9	110	10	20	9	11	45

Figura 12 Experimentos de Henry. Tomado de: Henry (1802, p.35):

1. Henry, basado en sugerencias de Dalton¹⁷, tiene en cuenta las cantidades de gas no absorbidas, admitiendo que están mezcladas con una porción de aire.
2. Utiliza temperaturas de 55°C para analizar la influencia de la presencia del aire en las absorciones de los gases. Concluye que se absorben 4 medidas¹⁸ menos de gas en estas condiciones, en comparación a experimentos en donde no se tiene en cuenta el aire¹⁹. Sin embargo, cuento con dificultades para comprender este punto. ¿Cómo, si he de suponer que no puedo liberar en su totalidad al agua de la presencia del aire, puedo dar cuenta de esas medidas constantes y disminuidas de gas absorbido? A diferencia de Dalton, Henry no puntualiza sobre cómo toma sus mediciones en estos experimentos.

¹⁷ Al notar que Dalton y Henry se citan mutuamente en sus memorias, asumo que existe una comunicación entre ellos sobre sus formas de proceder. Lo cual, tiene sentido debido a la cercanía de fechas de publicación.

¹⁸ No hay una equivalencia actual para “una medida”, puede que sea una forma de Henry para expresar una unidad de volumen.

¹⁹ Por ejemplo, de 10 medidas, se absorben 10 cuando no se tiene en cuenta el aire. Y 6, cuando sí se tiene en cuenta.

3. Del experimento 5 y 6 (p. 85): Aparentemente, otro método que Henry intenta para liberar aire del agua es con el uso de gas ácido carbónico, asumiendo que éste sea más absorbible que el mismo aire atmosférico²⁰, puesto que, de 2 medidas de residuo²¹, el 7,5 % (0,15) es de aire por medida, de los cuales 0,13 provenían del gas inyectado. Así, pues, Henry observa que el agua, de 20 medidas, cedió solamente el 0,02 de su volumen de aire (p.36). Por esta razón, más adelante vuelve a mencionar que, hasta el momento, desconocía alguna forma de liberar al agua totalmente del aire y que, por esta razón, siempre se debía tener en cuenta esta cantidad en la del volumen absorbido de otro gas impregnado artificialmente (p.38).
4. Del experimento 1 y 2 (p. 85): Henry se cuestiona, más allá de la influencia de la temperatura en la absorción de los gases, la magnitud de esta. Precisamente este punto, es de especial relevancia para mi construcción, debido a que, para el diseño experimental que presento en la Figura 11 con el baño de aceite debía tener un valor de temperatura para saber en qué punto mantenerla constante. En estos dos experimentos, varía en 30°C la temperatura, con la misma cantidad de agua y gas inyectado, en donde obtiene una relación de reducción de una medida de gas absorbido por cada 10°C aumentados (p. 36) a partir de 55°C, temperatura adecuada para realizar los experimentos con los gases de mayor absorción.

Respecto a este último punto referido a la temperatura, Henry no lo realizó con los gases de menor absorción, tuvo que modificar el montaje dada la dificultad de determinar la absorción de estos gases, así que con éstos usó 100 pulgadas cúbicas (1,63 L) de agua a una temperatura de 60°C. Encontró resultados similares a los de Dalton, notando, por ejemplo, que el hidrógeno y el nitrógeno son los menos absorbibles (p.37).

Con la lectura del informe de Henry, se hacen notorias las herencias que tiene el trabajo de Dalton, puesto que, con los experimentos de absorción del gas ácido carbónico, es que, en principio, Dalton establece a estas sustancias como las más absorbibles y, por tanto, al agua como la sustancia de referencia (Dalton, 1803, p. 272). Si bien, Henry ya había obtenido un valor de 1,08 pulgadas de absorción del hidrógeno y lo posicionaba en último lugar como el gas menos absorbible, para él este dato, aparentemente, no era de relevancia. Sus experimentos, al menos reflejados en este informe, se dirigían, sobre todo, a los gases de mayor absorción, las influencias de la temperatura y de la presión en las cantidades residuales y absorbidas que fueron un referente importante para Dalton, pero también para mí en la organización de los diseños experimentales y de establecer nuevas relaciones que me permitirán dar cuenta de la absorción de algunos gases, principalmente del hidrógeno.

5.3. Diseño experimental para la absorción de los gases en el agua, por Laura Neira.

A continuación, describiré mi diseño experimental. Este apartado es uno de los más importantes de todo mi trabajo de investigación ya que es el resultado de mi construcción disciplinar y pedagógica

²⁰ En realidad, Henry admite que determinar la solubilidad del aire no es fácil, puesto que, a temperatura de ebullición y agitación, el aire se descompone y se absorbe principalmente la porción oxigenada. (p. 37). Este aspecto lo resalta también Gutiérrez (2021) al comprender la dificultad de Dalton de caracterizar al aire como una mezcla de gases que no están unidos químicamente.

²¹ Con respecto a "Residuo", se refiere a la porción de gas y aire que no se absorbió.

que se verá aplicada en los desarrollos experienciales de la estrategia didáctica implementada en el aula:

Para el desarrollo de este diseño, tuve que realizar modificaciones a algunos materiales, para poder efectuar el tratamiento del agua, extracción e inyección del agua y los gases empleados. Por ejemplo, adapté una jarra y una probeta de plástico con unas válvulas que tomé de bolsas de suero fisiológico, las cuales, permiten la inyección y extracción de sustancias de forma controlada, sin intervención del aire, puesto que están diseñadas con este propósito.

En este apartado plasmaré el diseño experimental desde la descripción de los materiales, reactivos, reacciones químicas y el procedimiento. Posteriormente, la determinación de masas relativas para su organización.

En la Tabla 3, se muestran los materiales y reactivos necesarios para el desarrollo del diseño experimental.

MATERIALES	REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • 1 jarra de plástico 1000 mL • 2 jeringas de 20 mL. • 1 probeta de plástico 100 mL • 1 cubeta plástica. • 1 soporte universal. • 3 Erlenmeyer 250 mL con desprendimiento lateral. • 3 corchos. • 1 manguera. • 1 baño María. • 3 bolsas de suero fisiológico 100 mL • 1 espátula. • 1 balanza analítica. • 3 picnómetros. Para tomar la densidad del agua antes y después de la absorción de los gases. • 1 agitador de vidrio. • 1 termómetro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bicarbonato de Sodio (1g) • Ácido acético 3% (10mL) • Peróxido de Hidrógeno 30% (10mL) • Yoduro de Potasio (1g) • Zinc en Granallas (1g) • Ácido clorhídrico concentrado (10mL) • Aceite

Tabla 3 Materiales y reactivos para el diseño experimental. Elaboración propia.

Para la jarra de plástico 1000 mL (Ver Fotografía 1). Realicé una abertura en la parte inferior, en donde le adherí una válvula que tomé de una bolsa de suero fisiológico. El objetivo de la válvula es poder extraer el agua tratada desde la parte inferior evitando algún tipo de absorción no deseada.



Fotografía 1 Jarra adaptada para el tratamiento de agua. Elaboración propia.

Igualmente, para la probeta de plástico 100 mL (Ver Fotografía 2). Realicé una abertura en la parte inferior y adherí una válvula. El objetivo de esta probeta, es usarla para una trampa para gases que me permitirá extraer el gas producido evitando contaminaciones con el aire para, posteriormente, inyectarlo en donde se efectuará la absorción en el agua.



Fotografía 2 Probeta adaptada para la extracción de gases. Elaboración propia.

En las 3 bolsas de suero fisiológico 100 mL (Ver Fotografía 3) se efectuará la absorción de los gases en el agua.



Fotografía 3 Bolsas de suero fisiológico para la absorción de gases en agua. Elaboración propia.

5.3.1. Producción de gases:

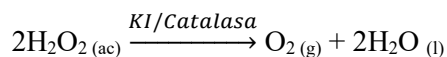
Obtención de CO₂:

- Bicarbonato de Sodio: NaHCO₃.
- Ácido Acético Glaciar: CH₃COOH (al efectuar la reacción, añadir un poco de agua. Puede ser sustituido por vinagre).



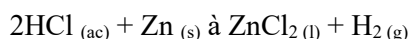
Obtención de O₂:

- Peróxido de Hidrógeno: H₂O₂. (30%)
- Yoduro de Potasio: KI (o carne de res triturada).



Obtención de H₂

- Granallas de Zinc: Zn.
- Ácido Clorhídrico: HCl.



También es posible mediante la electrólisis del agua.

5.3.2. Procedimiento

5.3.2.1. Tratamiento del agua

En una jarra de 1000mL añadí cerca de 500mL de agua destilada. Llevé la jarra a baño María hasta que el agua llegara a los 70°C, que era la temperatura máxima que se alcanzaba por este método. Llegado este punto, tomé el agitador de vidrio y lo puse en posición diagonal dentro de la jarra, de este modo, pude verter el aceite suavemente sobre el agua y crear una capa superficial que evitó la interferencia del aire nuevamente en la muestra de agua (Ver Fotografía 4).



Fotografía 4 Tratamiento del agua para la absorción. Elaboración propia.

Ahora, en bolsas de suero fisiológico, las cuales, primero extraje la solución salina usando la jeringa, procedo a inyectar el agua. Por la válvula de la jarra inserto la aguja de la jeringa (Ver Fotografía 5), extrayendo el agua e inyectándola en la bolsa (Ver Fotografía 6). Es probable que, en el proceso, la jeringa tenga una porción de aire, por eso antes de inyectar el agua en la bolsa, es necesario posicionar la jeringa con la aguja hacia arriba; empuje el émbolo y permita que se libere la burbuja.



Fotografía 5 Extracción de la muestra de agua. Elaboración propia.



Fotografía 6 Inyección de la muestra de agua en las bolsas. Elaboración propia.

Revise las bolsas luego de la inyección del agua. Si logra evidenciar presencia de burbujas, posicione la bolsa con la válvula hacia arriba, ingrese la aguja con la jeringa y extraiga la interferencia. Puede sumergir las bolsas en baño María para evitar que la temperatura baje más de lo deseado. Para este proceso, tengo en cuenta el hallazgo de Henry, quien definía 55°C como la medida adecuada para la absorción.

5.3.2.2. Absorción del dióxido de carbono

Lo primero, es verificar que, con proceso de tratamiento del agua, la absorción se logrará, así que efectúe la reacción para producir el dióxido de carbono, el cual, es un gas de alta absorción, según los resultados de Henry y Dalton.

En el Erlenmeyer con desprendimiento lateral, pone el tapón en la boquilla de la parte superior, mientras que del desprendimiento se une una manguera que llegará a la trampa de gases, la cual, consiste en una cubeta y probeta (con la adaptación que mencioné previamente) llenas de agua del grifo, la segunda debe estar boca abajo y sostenida con el soporte universal (Ver Fotografía 7, A). Al producirse el gas en el Erlenmeyer, permito que se libere una porción de gas al ambiente, asegurándome evitar la interferencia del aire; así, introduzco la manguera dentro de la probeta, en donde el gas producido empujará al agua dentro de ella y ocupando su lugar en la parte superior (Ver Fotografía 7, B).



Fotografía 7 A: Montaje: Trampa para gases. B: Producción de CO₂. Elaboración propia.

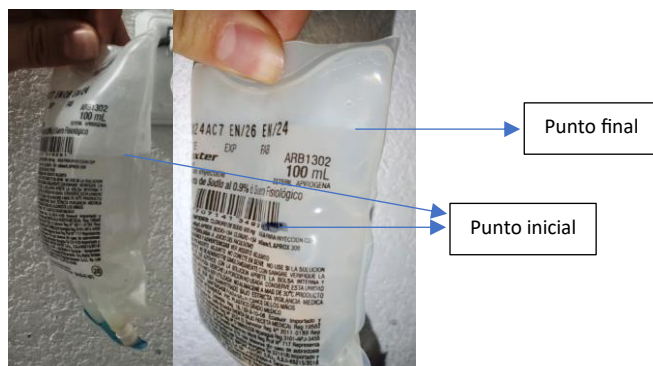
Por medio de la válvula que tiene la probeta, introduzco la aguja de la jeringa y extraigo 20 mL (Ver Fotografía 8) de dióxido de carbono para inyectar en la bolsa de suero fisiológico que ya tiene el agua previamente tratada en su interior y que debe estar a una temperatura cerca de los 55°C (Ver Fotografía 9). Debido a admitir que, luego de la inyección del agua, no tengo forma de comprobar dicha temperatura, lo cual, puede influir en la precisión de medidas y absorciones. Es importante realizar una marca en la bolsa, para evidenciar el punto inicial entre el líquido y el gas, comparado con el final, luego de la agitación (Ver Fotografía 10).



Fotografía 8 Extracción del dióxido de carbono de la trampa para gases. Elaboración propia.



Fotografía 9 Inyección del dióxido de carbono en la bolsa, para la absorción en el agua. Elaboración propia.



Fotografía 10 Punto inicial y final del gas en el agua. Elaboración propia.

En dado caso que no se cuente con los materiales necesarios para la producción y extracción del gas que propongo, puede usarse una botella de plástico, donde la tapa esté adaptada con una válvula igual a la de la jarra (Ver Fotografía 11). Se debe ser más ágil para realizar este proceso: produce el gas, permití que se liberara una porción, rápidamente puse y ajusté la tapa en la botella (con la aguja y la jeringa dentro de la válvula), la misma presión del gas producido, impulsó el émbolo hacia arriba, logrando captar el dióxido de carbono allí. Sin embargo, esto requiere que se use mayor cantidad de reactivos para producir las cantidades de gas necesario. El uso de este método dependerá de lo que el contexto educativo del profesor permita. Para mí fue útil cuando realicé las primeras pruebas desde casa.



Fotografía 11 Alternativa para la trampa para gases. Elaboración propia.

Este primer experimento es de vital importancia debido a que, de este modo, podía realmente evidenciar que el gas se estaba absorbiendo en el agua reduciendo al máximo las interacciones con el aire o escapes del gas, lo cual fue muy significativo para mí. La forma que empleé para saber que no tenía escapes en la bolsa, fue sumergiéndola en agua, si había burbujeo, había liberación de gas, pero no ocurrió.

Inicialmente, no sabía cómo podría dar cuenta de la absorción del gas, pero con el experimento, pude ver cómo el volumen de gas se veía disminuido, mientras que el del agua volvía a tomar su lugar que, inicialmente, había sido desplazado por el dióxido de carbono inyectado. Por ello, las marcas

realizadas inicialmente en la bolsa resultaron indispensables para poder notar dicho cambio. Otra forma de dar cuenta de esto fue extraer el gas que no se lograba absorber, en donde se esperaba que fuera un volumen inferior al inyectado, esto lo apliqué para el siguiente experimento.

5.3.2.3. Absorción de diferentes cantidades de dióxido de carbono

Luego de dar cuenta de la absorción del dióxido de carbono, procedí a elaborar el proceso para dar cuenta sobre la ley de Henry, en donde establecería relaciones entre las cantidades de gas inyectado y su solubilidad en el agua. Para ello, realicé todos los procesos anteriores de tratamiento de agua y producción de dióxido de carbono, utilizando tres bolsas de suero. En la primera, inyecté 5mL, la segunda 10 mL y la última 20 mL, junto con 100 mL de agua tratada previamente en cada una de ellas.

Muestro los resultados en la siguiente Tabla 4:

Gas	Volumen de agua tratada	Volumen de CO ₂ inyectado en el agua tratada	Volumen extraído de CO ₂	Volumen absorbido de CO ₂ por el agua tratada
Dióxido de Carbono	100 mL	5 mL	0,5 mL	4,5 mL
		10 mL	1,5 mL	8,5 mL
		20 mL	1,8 mL	18,2 mL

Tabla 4 Resultados de la absorción de diferentes cantidades de dióxido de carbono. Elaboración propia.

En cuanto a las cantidades de los reactivos, para esta parte del trabajo, decidí que no haría cálculos estequiométricos comúnmente realizados en química para este tipo de ejercicios experimentales, esto debido a que considero que iría en contraposición con lo que se espera con este diseño y es la determinación de masas relativas que Dalton organizaba en su Tabla, con todo y dificultades. Así que, si mi objetivo era determinar estos valores, no tendría coherencia tomar masas atómicas de la Tabla Periódica que fueron establecidas mediante otros métodos. Por ello, solamente tomé pequeñas porciones que me permitirían producir, por lo menos, 40mL de dióxido de carbono que capté en la trampa para gases.

Logré dar cuenta de la absorción del dióxido de carbono además de relacionar cómo la cantidad de gas inyectada influye en la absorción, debido a la presión ejercida en el sistema. En términos de porcentajes, para 5 mL, se absorbió el 90%, para 10mL, se absorbió el 85%, para 20mL se absorbió el 91%. Con esta información clara, podía iniciar la implementación del diseño experimental para otros gases y comparar sus absorciones.

5.3.2.4. Absorción de diferentes clases de gases

Ahora, debía hacer pruebas sobre cómo se afectaban las absorciones al hacer uso de otros gases; para ello, produje el dióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno que, en la organización de Dalton, serían de primera, tercera y cuarta clase, respectivamente. Decidí producir estos gases por dos razones: La primera, por estar ubicados en diferentes clasificaciones por clases; la segunda y, la más importante a mi parecer, por la facilidad de su producción para poder llevar al aula.

Realicé el proceso de tratamiento de agua, inyecté 100 mL en tres bolsas diferentes. Produje el dióxido de carbono, hidrógeno y oxígeno mediante las reacciones químicas ilustradas anteriormente, en una

trampa para gases correspondiente a cada gas. En la primera bolsa, inyecté 20 mL de dióxido de carbono, en la segunda 20 mL de hidrógeno y, en la última 20 mL de oxígeno.

Obtuve los siguientes resultados (Ver Tabla 5):

Gas	Volumen de agua tratada	Volumen de gas inyectado en el agua tratada	Volumen extraído de gas	Volumen absorbido de gas por el agua tratada
Dióxido de Carbono	100 mL	20 mL	0,5 mL	19,5 mL
Oxígeno	100 mL	20 mL	15 mL	5 mL
Hidrógeno	100 mL	20 mL	18 mL	2 mL

Tabla 5 Resultados de absorción de igual cantidad de dióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno. Elaboración propia.

Estos resultados fueron fundamentales para poder dar cuenta de las diferencias de absorciones de los diferentes gases, dadas sus composiciones. Realicé interpretaciones sobre estos datos, los cuales, están contemplados en el apartado 5.5. *Sistematización de las experiencias*, ya que decidí utilizar los datos que obtuve con la población durante la implementación.

5.3.3. Para determinar las masas relativas

Los datos que se presentan a continuación son aproximaciones para la determinación de masas relativas, en relación con el segundo objetivo específico de mi trabajo de grado y que son complemento de la construcción que he hecho, la cual, ya me ha permitido la clasificación, organización y mediciones del fenómeno. Es decir, lo que presento en este apartado, es una total construcción de mi profundización en el fenómeno, puesto que no hay registros de los cálculos que Dalton pudo haber realizado.

Teniendo en cuenta mi interpretación a partir del trabajo de Dalton, con mis resultados establecí los volúmenes de gas absorbido y no absorbido teniendo en cuenta la inyección de 1mL de cada uno (hice la conversión de los volúmenes absorbidos en 20 mL a 1 mL), estos valores decimales los expresé en fraccionarios para poder determinar las proporciones que me llevarían a obtener la unidad. De este modo, el hidrógeno continúa siendo el gas de menor absorción y, por tanto, una potencial sustancia de referencia (Ver Tabla 6).

Sustancia	Volumen inyectado	Volúmenes absorbidos o presión de gas disuelto en el agua (P_{gD}).	Relación entre la presión del gas disuelto en el agua (P_{gD}) y la presión del gas sobre la superficie (P_{gS}). $P_{gD} + P_{gS} = 1$
Dióxido de carbono (CO ₂)	20mL	$\frac{19,5 \text{ mL}}{20\text{mL}} = \frac{39}{40}$	$\frac{39}{40} + \frac{1}{40} = 1$
Oxígeno (O ₂).	20mL	$\frac{5 \text{ mL}}{20\text{mL}} = \frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} + \frac{3}{4} = 1$
Hidrógeno (H ₂)	20mL	$\frac{2 \text{ mL}}{20\text{mL}} = \frac{1}{10}$	$\frac{1}{10} + \frac{9}{10} = 1$

Tabla 6 Relación de volúmenes y presiones del gas absorbido y no absorbido. Elaboración propia.

Es posible que el lector pueda pensar que yo podría resolver este asunto con fórmulas como la ecuación de estado o alguna referida a las leyes de los gases, sin embargo, debe recordar que allí se hace uso de la unidad de “mol”, la cual, en mi trabajo no se abordan, justamente por la necesidad de establecer mis propias masas de las sustancias, así que estas ecuaciones no son una opción. El objetivo es tratar de hallar estos valores usando únicamente mis resultados experimentales.

En este sentido, me di cuenta de que necesitaría las densidades de cada uno de los gases disueltos en el agua, por tanto, hice uso del picnómetro. Calculé la densidad del agua tratada y la densidad de cada muestra de agua que contenía el gas disuelto.

Para determinar las densidades, realizo la siguiente deducción matemática:

$$d = \frac{m_{muestra}}{V_{picnómetro}}$$

Para el agua tratada:

$$d = \frac{4,9 \text{ g}}{5 \text{ mL}} = 0,98 \text{ g/mL}$$

Para la solución de Dióxido de Carbono en agua tratada:

$$d = \frac{6,178 \text{ g}}{5 \text{ mL}} = 1,23 \text{ g/mL Sol. CO}_2$$

Para la solución de Oxígeno en agua tratada:

$$d = \frac{5,18 \text{ g}}{5 \text{ mL}} = 1,036 \text{ g/mL Sol. O}_2$$

Para la solución de Hidrógeno en agua tratada:

$$d = \frac{5 \text{ g}}{5 \text{ mL}} = 1 \text{ g/mL Sol. H}_2$$

Organicé los resultados mostrados en la Tabla 7.

	Agua tratada	Dióxido de carbono	Oxígeno	Hidrógeno
Masa de picnómetros vacíos (5mL)	10,770g	14,329g	14,214g	9,083g
Masa del picnómetro con muestra	15,670g	20,507g	19,380g	14,083g
Masa de la muestra (Masa del picnómetro + muestra) – Masa del picnómetro	4,9g	6,178g	5,18g	5g
Densidad= Masa de la muestra / Volumen del picnómetro	0,98g/mL	1,23g/mL	1,036g/mL	1g/mL

Tabla 7 Determinación de densidades de los gases disueltos en el agua. Elaboración propia.

Para determinar las masas relativas de cada gas, realizo el siguiente proceso matemático:

$m_1 =$ Masa de agua tratada	$m_2 =$ Masa de solución con gas absorbido
$V_1 =$ Volumen de agua tratada	$V_2 =$ Volumen de solución con gas absorbido
$d_1 =$ Densidad del agua calculada	$d_2 =$ Densidad de la solución calculada con gas absorbido

Se calcula la densidad de cada una de las sustancias a partir de: $\frac{m_1}{V_1} = d_1$ Del agua tratada.

$$\frac{m_2}{V_2} = d_2 \text{ De la solución con gas absorbido.}$$

Se despeja el volumen de cada ecuación

$$\frac{m_1}{d_1} = V_1 \text{ Del agua tratada. y } \frac{m_2}{d_2} = V_2 \text{ Solución con gas absorbido}$$

Teniendo en cuenta que los picnómetros tienen el mismo volumen

$$V_1 = V_2 \text{ Volumen del picnómetro.}$$

Se igualan las ecuaciones

$$\frac{m_1}{d_1} = \frac{m_2}{d_2}$$

Se despeja la m_2 , que contiene el gas absorbido en agua.

$$\frac{m_1}{d_1} d_2 = m_2$$

Teniendo en cuenta que la m_2 es:

$$m_2 = m_1 + m_{gas}$$

Se reemplaza la ecuación m_2 en la ecuación

$$\frac{m_1}{d_1} d_2 = m_1 + m_{gas}$$

Se despeja la masa del gas absorbido

$$\left(\frac{m_1}{d_1} d_2\right) - m_1 = m_{gas}$$

A continuación, se reportan los cálculos para cada uno de los gases absorbidos en la experiencia

- Para Oxígeno = $\left(\frac{4,9gH_2O}{0,98g/mLH_2O} \times 1,036 g/mL Sol. O_2\right) - 4,9gH_2O = 0,28gO_2$
- Para Hidrógeno = $\left(\frac{4,9gH_2O}{0,98g/mLH_2O} \times 1g/mL Sol. H_2\right) - 4,9gH_2O = 0,1gH_2$
- Para Dióxido de Carbono = $\left(\frac{4,9gH_2O}{0,98g/mLH_2O} \times 1,23g/mL Sol. CO_2\right) - 4,9gH_2O = 1,25gCO_2$

Para determinar las masas relativas, debo seleccionar una sustancia para establecer la unidad de comparación, la cual, decido que sea la de menor masa, es decir, el hidrógeno. Y efectúo:

$$m_{Rel. Hidrógeno} = \frac{m_{gas}}{m_{Hidrógeno}}$$

$$\text{Para Hidrógeno} = m_{Rel. Hidrógeno} = \frac{0,1gH_2}{0,1gH_2} = 1 \text{ Sustancia como unidad de referencia.}$$

$$\text{Para Oxígeno} = m_{Rel. Hidrógeno} = \frac{0,28gO_2}{0,1gH_2} = 2,8$$

$$\text{Para Dióxido de Carbono} = m_{\text{Rel. Hidrógeno}} = \frac{1,25gCO_2}{0,1gH_2} = 12,5$$

De este modo, en la Figura 13 presento mi Tabla de organización de los gases por sus masas relativas, determinadas por medio de su solubilidad en el agua.

T A B L A	
<i>De masas relativas de gases disueltos en agua.</i>	
Hidrógeno.....	1
Oxígeno.....	2.8
Dióxido de Carbono.....	12.5

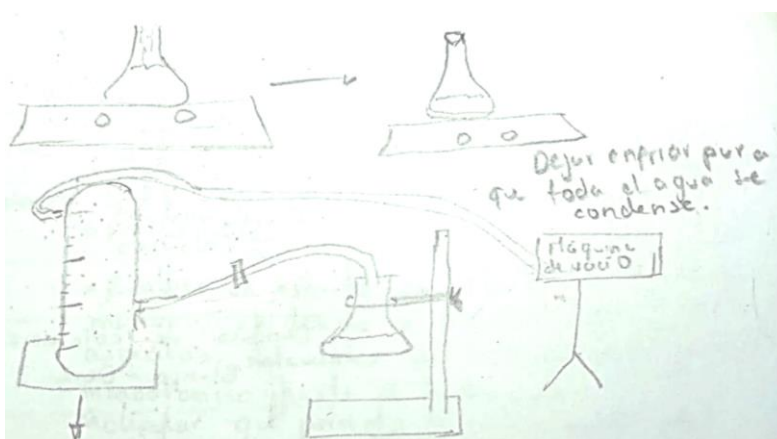
Figura 13 Tabla de masas relativas de los gases disueltos en agua. Elaboración propia.

No es mi objetivo que estas masas se utilicen para un fin en específico o se comparen con las obtenidas por Dalton o la Tabla Periódica, ya que no tendrían ninguna relación, aparte de las proporcionalidades en términos de establecer qué sustancia pesa más que la otra, en ese sentido, es evidente que el hidrógeno sería el más liviano, teniendo la menor solubilidad y el dióxido de carbono tiene mayor masa y solubilidad en el agua.

Admito que hay factores que tal vez no he tenido en cuenta, como las variaciones de temperatura que se pudieron presentar y que afectarían los datos, ya que ésta debía ser constante para poder realizar la equivalencia entre los volúmenes y las presiones que presenté en la Tabla 6.

Por otro lado, no me atrevo a predecir las masas de otras sustancias con los datos que obtuve. Por ejemplo, si tratara de determinar la masa de carbono en el dióxido de carbono, este valor sería: 9,7, pero actualmente sabemos que la masa de un átomo de oxígeno es más grande que la de carbono, por este motivo, no habría coherencia con el dato. Es aquí donde, como afirman Marín y García (2013), las teorías merecen su lugar, puesto que evitaría caer los relativismos extremos, sino que hay unas concreciones teóricas que me permitieron analizar los datos obtenidos.

Para cerrar este apartado sobre el diseño experimental, invito al lector a observar las siguientes fotografías y diagramas que, grosso modo, muestran mi proceso para llegar al montaje final que mostré en este apartado (Ver Figura 14).



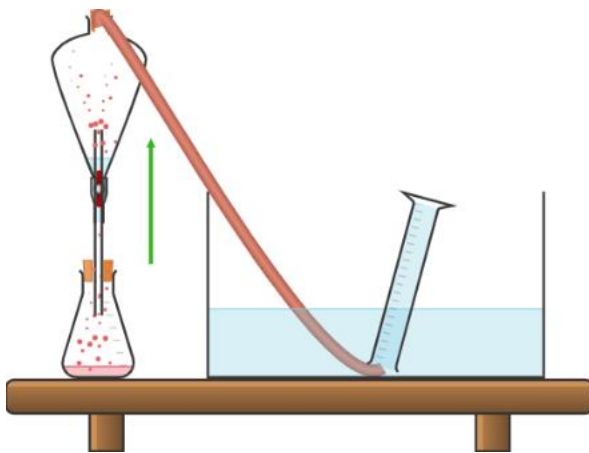
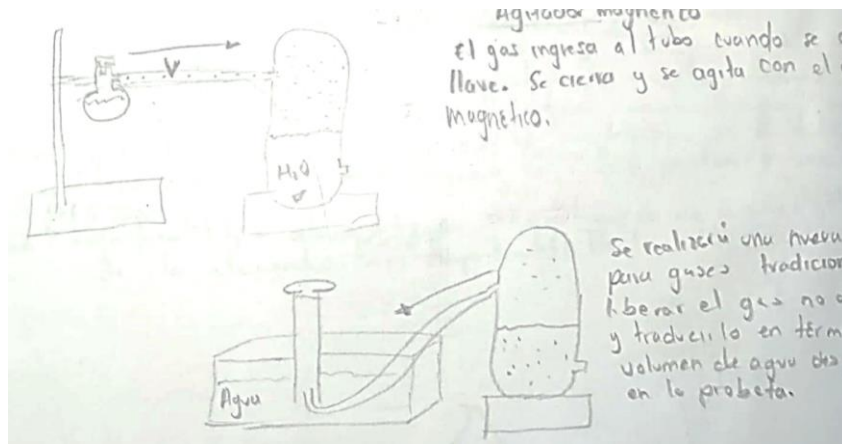


Figura 14 Desarrollo del diseño experimental. Elaboración propia.

Me parece relevante dar cuenta de ello, ya que permite reforzar la idea que desde la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales hemos manifestado en repetidas ocasiones sobre la ciencia no terminada y cómo, con la actividad experimental, ampliación de la experiencia, concreción de formas de hablar y, complementado con los supuestos conceptuales, puedo establecer clasificaciones, relaciones de orden, mediciones y diferentes formas de representar el fenómeno.

Para llegar al diseño experimental final, fue necesario pensar en la influencia del aire, cómo evidenciar que sí había una absorción o no, cómo hacer el tratamiento del agua, cómo hacer la inyección de los gases y cuáles podría producir, además de qué y cómo iba a medir. La consolidación de mis cuestionamientos, hallazgos y profundizaciones, tanto disciplinares como pedagógicas, me llevaron a la formalización del conocimiento científico para recontextualizar mis saberes, con el objetivo de plasmarlos en el diseño de estrategias didácticas para aplicarlo con mis estudiantes.

5.4. Diseño de la experiencia en el aula

Para finalizar la Fase Intermedia de la investigación, presento el diseño de la estrategia didáctica, la cual, está dividida en cinco experiencias (Ver Figura 15). Cada una de estas experiencias cuenta con un experimento que los estudiantes realizaron y reflexionaron en su bitácora. Estas experiencias también cuentan con preguntas orientadoras, las cuales, más que ser respondidas literalmente, se espera que los estudiantes relacionen los aspectos que consideran relevantes en torno a dichas preguntas.

Recordar que, para el diseño de estas experiencias, se tiene en cuenta el enfoque metodológico de este trabajo, el cual, tiene que ver con la construcción fenomenológica (Malagón, Ayala y Sandoval, 2013) de la absorción de los gases en el agua y la implementación de las Prácticas de Laboratorio como Investigación (Carrascosa, Gil, Vilches y Valdés, 2006), pues están dirigidas hacia la formalización y recontextualización de los saberes alrededor del fenómeno de estudio, que permita la ampliación de la experiencia de los estudiantes durante la implementación y la mía, como docente, la cual, viene sucediendo desde la Fase Inicial de esta investigación.

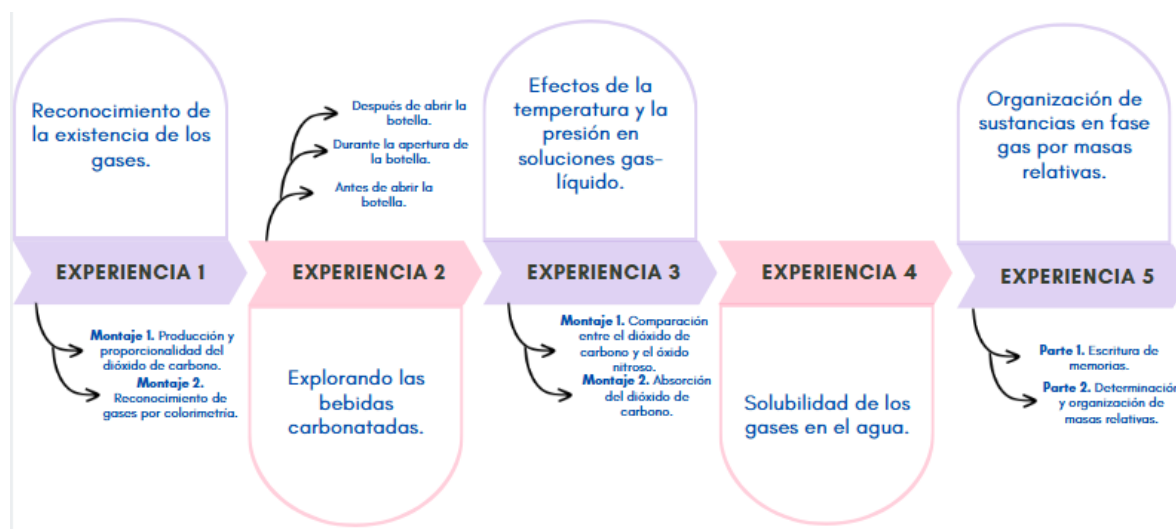
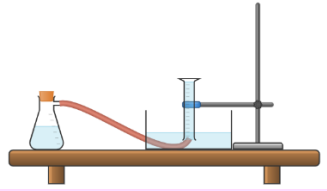
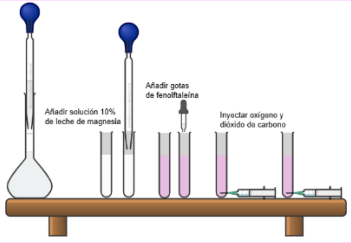
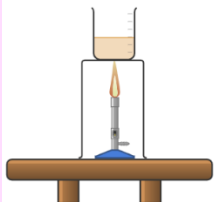
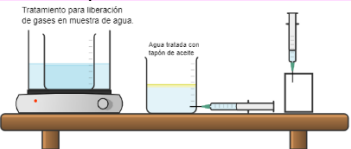


Figura 15 Diseño de la estrategia didáctica. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo anterior, presento la Tabla 8, con la descripción de cada una de las experiencias, mis intenciones y los resultados esperados del estudiante.

Experiencia	Descripción e intenciones de la docente	Resultados esperados del estudiante
<p>Reconocimiento de la existencia de los gases. (Ver Anexo 2)</p>	<p>Montaje 1. Producción y proporcionalidad del dióxido de carbono: A diferencia de lo que realicé en mi diseño experimental que planteé anteriormente, desarrollé cálculos estequiométricos para plasmar cantidades precisas de los reactivos que utilizaron los estudiantes. Lo propongo con la intención de establecer relaciones de proporcionalidad entre la cantidad de bicarbonato de sodio (en un exceso de vinagre) y el volumen teórico de dióxido de carbono producido. Esto podría evitar la idea inicial de que el gas podría ‘salir de la nada’ y que se integren nociones de conservación de la masa.</p>  <p>Montaje 2. Reconocimiento de gases por colorimetría: tengo como intención dar un primer acercamiento a las interacciones que un gas puede tener sobre un líquido. Lo anterior, por medio de unos tubos de PVC adaptados, con una válvula igual a la de la jarra y la probeta que utilicé el diseño experimental para la absorción de gases. Allí, usé una solución de hidróxido de magnesio a una concentración del 10% y unas gotas de fenolftaleína que tornaría la solución color magenta. Las válvulas me permitirían inyectar dióxido de carbono por la parte inferior del tubo, el cual se disolvería en el agua presente en la solución, produciendo ácido carbónico y, por tanto, que la solución se torne traslúcida. También se realizó con oxígeno, en donde no se vio el mismo efecto.</p> 	<p>Espero que el estudiante logre traer a escena algunos conceptos estequiométricos relacionados con reactivo límite y exceso, en el análisis de la conservación de la materia y que pueda aplicarlos en la comprensión del volumen de gas producido con respecto a la masa de bicarbonato de sodio utilizada en la reacción en un exceso de vinagre, estableciendo proporcionalidades directas.</p> <p>Con el montaje 2, espero que el estudiante empiece a relacionarse con el montaje de la trampa para gases en donde podrá comprobar la presencia del gas y ver cómo el agua se desplaza hacia arriba o hacia abajo, según se inyecta o se extrae el gas de la probeta, en comparación con el comportamiento que tiene en los tubos de PVC, que es para provocar un burbujeo.</p> <p>Adicionalmente, que logre evidenciar que los gases pueden solubilizarse en los líquidos produciendo una reacción que generaría el viraje de la solución a traslúcida. Sin embargo, esto permitiría también establecer diferencias entre los gases al notar que esta reacción se ve únicamente con el dióxido de carbono y no con el oxígeno.</p>

<p>Explorando las bebidas carbonatadas. (Ver Anexo 3)</p>	<p>Mi intención fue basada en la experiencia anterior de la inyección del dióxido de carbono y su reacción demostrada con el viraje de la fenolftaleína, trasladarlo a un fenómeno cotidiano como las bebidas carbonatadas.</p> <p>Esta experiencia, permite el análisis de los efectos sensibles en la interacción con una bebida carbonatada, transitando desde el reconocimiento de las fases de la materia en las que se presentan sus componentes, hasta las relaciones entre el sonido, aparición de efervescencias y sabores que se presentan bajo efectos de la agitación. Adicionalmente, se sometió la bebida al calentamiento, para evidenciar lo sucedido con el gas disuelto.</p> 	<p>Esta experiencia hará que los estudiantes afinen sus sentidos hacia los efectos sensibles de clasificación y organización de los fenómenos, en donde logren diferenciar burbujeos, sonidos y sabores que la bebida carbonatada presenta luego de la agitación y el calentamiento.</p> <p>El resultado más importante que se espera con esta experiencia es que los estudiantes logren evidenciar que la agitación y el calentamiento permiten la liberación de gases disueltos en las soluciones gas-líquido.</p>
<p>Efectos de la temperatura y la presión en soluciones gas-líquido. (Ver Anexo 4)</p>	<p>Montaje 1. Comparación entre el dióxido de carbono y el óxido nitroso: Ya que se hicieron varios acercamientos al dióxido de carbono, propongo esta experiencia para poder hacer una comparación de gases e introducir nociones de diferenciación de éstos, por medio de su difusión y densidad. Para ello, en el colegio se produjo el dióxido de carbono para su análisis y descripción bajo una observación guiada. Posteriormente, mostré un video demostrativo sobre la producción del óxido nitroso: https://youtu.be/PXGqYzesHsA</p> <p>Montaje 2. Absorción del dióxido de carbono: Se hará la introducción al diseño experimental con el objetivo de mostrar los efectos de la temperatura y la presión en las soluciones gas-líquido.</p> <p>Se utilizarán tres bolsas de suero con 100mL de agua tratada, para inyectar tres cantidades distintas de dióxido de carbono y poder evidenciar las relaciones entre la cantidad de gas inyectado, extraído y presión ejercida en el sistema, que afectaría la solubilidad de este a cierta temperatura.</p> 	<p>Debido a experiencias previas y cotidianas de los estudiantes, sobre todo con los gases que se han trabajado hasta ahora (oxígeno y dióxido de carbono), puede que tengan una idea generalizada de que todos los gases son traslúcidos y que tienen el mismo comportamiento en términos de difusión y densidad. Esta experiencia, permitirá que el estudiante de cuenta de la variedad que hay en los gases y que logre comparar el dióxido de carbono con el óxido nitroso.</p> <p>El estudiante podrá evidenciar cómo la temperatura y la presión puede influir en una solución líquido-gas y en qué condiciones incrementa o disminuye la solubilidad.</p> <p>Esta experiencia es fundamental para el pilotaje del diseño experimental, puesto que el estudiante podrá ponerlo a prueba.</p> <p>El estudiante dará cuenta de la posibilidad de solubilizar un gas en un líquido y cómo las cantidades van a influir en las presiones del sistema y, por tanto, en los volúmenes solubilizados.</p> <p>A mayor presión/cantidad de gas inyectado, mayor cantidad de gas absorbido.</p>
<p>Solubilidad de los gases en el agua. (Ver Anexo 5)</p>	<p>Continuando con el pilotaje del diseño experimental, se comparan las solubilidades de gases como oxígeno, dióxido de carbono e hidrógeno, para poder organizarlos.</p> <p>Se inyectarán iguales cantidades de los gases en las bolsas de suero para evaluar las variaciones en las absorciones de las sustancias.</p> <p>Para el hidrógeno, debido a los reactivos necesarios y la no disponibilidad en el laboratorio, se realizó un video demostrativo sobre el proceso: https://youtu.be/LjLAY2kCMOs</p>	<p>Ahora que se han establecido las relaciones de presión y cantidad de gas absorbido de un mismo gas, el estudiante podrá evidenciar que los gases no se solubilizan en iguales proporciones en el agua.</p> <p>El resultado esperado, es que establezca parámetros de organización entre el oxígeno, hidrógeno y dióxido de carbono, según las solubilidades que presentaron en el agua, usando las mismas cantidades de gas y de líquido.</p>

Organización de sustancias en fase gas por masas relativas. (Ver Anexo 6)	<p>Parte 1. Escritura de memorias.: Llegados a este punto, mi intención es que se escriba un texto reflexivo en forma de memorias, en donde se plasmen las relaciones, comparaciones, hipótesis, resultados y cuestionamientos que han podido surgir a lo largo de las sesiones implementadas.</p> <p>En realidad, este sería el cierre de la implementación, ya que la parte 2 no sería posible de implementar, debido a que no se contaba con balanzas de precisión en el laboratorio de la institución, por tanto, la determinación de densidades por el método del picnómetro, no se lograría.</p> <p>Parte 2. Determinación y organización de masas relativas: Determinar las densidades de los gases en solución, por medio del picnómetro y su comparación con el agua destilada. De este modo, establecer una nueva organización, determinando la sustancia de referencia y las masas relativas de los demás gases.</p>	<p>El resultado que se espera del estudiante es que logre redactar un texto reflexivo en donde adjunte todas sus consideraciones sobre lo observado y discutido en las sesiones pasadas. Lo anterior, permitirá que se comuniquen y recuperen las experiencias, logrando una recontextualización de sus saberes.</p> <p>Ya que no se logra realizar la determinación de densidades, el estudiante podrá apoyarse de un relato escrito por mi para tener contexto sobre la determinación de masas relativas y su relación con la absorción de gases en el agua.</p> <p>El estudiante ejecutará la determinación de densidades de los gases en solución acuosa, para organizarlos, determinar sustancia de referencia y sus masas relativas.</p> <p>Se espera que, con esta última experiencia, el estudiante reflexione sobre los criterios de organización de las sustancias y cómo el fenómeno de absorción de los gases promovió dicho proceso.</p>
--	---	---

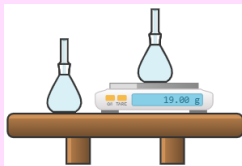


Tabla 8 Intenciones y resultados esperados por cada experiencia en la estrategia didáctica. Elaboración propia.

Del mismo modo, se establecieron las intenciones de cada una de las preguntas orientadoras que se plantean a los estudiantes (Ver Anexo 1), en donde se demuestra el proceso de construcción del fenómeno por medio de los efectos sensibles, sustentos teóricos-disciplinares y el desarrollo de las formas de hablar de él, que permiten la organización y caracterización de las sustancias para establecer conclusiones y formalizaciones de la absorción de los gases en el agua. Además, los instrumentos diseñados (Ver Anexos 2, 3, 4, 5 y 6), fomentan la reflexión, emisión de hipótesis, análisis detenido de los resultados de forma cualitativa evitando operativismos y, finalmente, la elaboración de memorias que permiten la reflexión de lo observado y lo leído en relación con hallazgos históricos de Dalton y Henry. Lo anterior, en correspondencia con el Capítulo IV: Aspectos Metodológicos y los enfoques seleccionados.

De este modo, culmino la Fase Intermedia de esta investigación, para iniciar la Fase Final, con su implementación en el aula, la cual, me dará los elementos necesarios para su sistematización y reflexión.

5.5. Sistematización de las experiencias de la estrategia didáctica

La sistematización tuvo como objetivo reflexionar sobre la estrategia didáctica diseñada, lo cual, contribuyó a la ampliación de la experiencia docente y su rol en el aula, por medio de la recontextualización y organización del fenómeno, además de implementar mi diseño experimental, lo cual, permitirá dar cuenta de las formas de hablar, pensar y construir conocimiento científico de los estudiantes.

El contexto educativo fue en el Gimnasio Los Pinos, con los estudiantes pertenecientes al Énfasis en Ciencias Aplicadas de Cuarta Sección (grado noveno, décimo y undécimo). Para este año (2024), el espacio cuenta con cinco estudiantes de grado undécimo, quienes tienen un interés específico en las ciencias que los llevó a la elección de este énfasis. La institución es de carácter privado y de Bachillerato Internacional, como lo mencioné en el *Capítulo IV: Aspectos Metodológicos*. Estos estudiantes y yo, como docente, somos los actores y productores de esta sistematización (Mejía, 2014)

pues cada una de las intervenciones estarán rodeadas de desarrollos teóricos y prácticos que nutrirán la experiencia de todos los participantes, incluyéndome. La implementación y sistematización me permitirá problematizar mi propia práctica pedagógica para argumentar mis acciones y las de mis estudiantes en el aula, por medio de observaciones guiadas, preguntas y prácticas intencionadas (Ver Anexos 1, 2, 3, 4, 5 y 6).

Hice mi intervención en el aula desde el 23 de septiembre, hasta el 01 de Octubre, fueron tres mediaciones de dos horas cada una. En la primera sesión, desarrollamos la experiencia 1 y 2. En la segunda, terminamos la experiencia 2 y la primera parte de la 3. En la última, terminamos la experiencia 3 y 4, más las orientaciones para la primera parte de la experiencia 5; la segunda parte, no se realizó debido a que la institución educativa no contaba con balanzas analíticas para la determinación de densidades. Los registros los tomé de dos formas: grabaciones de voz y relatos que los estudiantes hicieron de forma escrita en una bitácora que propuse. Para poder usar sus registros, cada uno de los estudiantes y sus padres de familia diligenciaron el consentimiento informado emitido por la Universidad Pedagógica Nacional, para la participación en trabajos de investigación (Ver Anexo 7). Sin embargo, para la sistematización que realizo, decidí tomar, en mayor medida, los registros de las grabaciones de voz, debido a que serían sus primeras reacciones ante lo observado y cuestionado lo cual, evitaría la influencia del uso de internet o inteligencias artificiales en sus formas de explicar.

Espero que el proceso de sistematización me permita evidenciar cómo se da la reconstrucción de los saberes de los estudiantes, además de las posibles ventajas y/o falencias de mi diseño experimental para la construcción fenomenológica de la absorción de los gases en el agua. No es mi intención generar un cambio conceptual o comprobar que mi estrategia didáctica es la forma correcta de enseñar, se trata de generar experiencias experimentales que promuevan el pensamiento científico, la formulación de hipótesis, debates y conclusiones alrededor del fenómeno, en correspondencia con las Prácticas de Laboratorio como Investigación (Carrascosa et al., 2006).

Presento los títulos que definí para la clasificación de los registros de los estudiantes y míos durante las intervenciones (Ver Tabla 9), puesto que, dentro de las dinámicas de clase planteé nuevas preguntas, fuera de las reflejadas en los instrumentos. Estas clasificaciones me permitirán realizar la recuperación del proceso vivido ya que fueron determinadas después de la organización de las grabaciones y los escritos, cabe aclarar que no todas las clasificaciones se encontraron en cada una de las experiencias, puesto que, a medida que pasaban las intervenciones, las ideas iban transformándose en otras explicaciones sobre lo observado.

Clasificación	Descripción
El vacío resuelve.	Durante las primeras experiencias, los estudiantes acudieron a la idea del vacío para dar explicaciones sobre la presencia de gases que no eran visibles a simple vista. Aparentemente, para ellos fue más fácil pensarse en este fenómeno, que en la presencia de una sustancia. Esta clasificación, se ubica en el marco Pedagógico, ya que está ligada a reconocer la relevancia de la experiencia sensible de los sujetos, la cual, está relacionada con el mundo que le rodea (Malagón, et. al., 2013).
Tipos de aires.	Cuando la idea del vacío no era suficiente para ellos, acudieron al aire. Sin embargo, por la forma en la que lo enunciaban, aparentaba como si existieran diferentes tipos de aires. Esta clasificación es muy interesante, puesto que me recuerda a las épocas de Lavoisier en los 1700 con el aire desflogisticado, entre otros. Se ubica en el marco Pedagógico, ya que está ligada a reconocer la relevancia de la experiencia sensible de los sujetos, la cual, está relacionada con el mundo que le rodea (Malagón, et. al., 2013; Østergaard, et al., 2008).
Lo que sea que haga el gas.	Este título lo adopté de lo que los estudiantes dijeron cuando trataban de explicar el comportamiento del gas. Los conceptos parecían quedarse cortos, así que preferían solo decir: “lo que sea que haga el gas”, lo cual, me remite hacia el marco de lo Disciplinar, en donde se tendrán en cuenta todos los acercamientos que los estudiantes tendrán en la explicación de los gases, en relación con lo estudiado de Henry (1802) y Dalton (1803).

Todo reacciona con todo.	Durante mi experiencia como profesora de química, he notado esta clasificación muy a menudo. Comprendo que esta disciplina corresponde al estudio de la transformación de la materia, pero también es la composición de esta. Sin embargo, para ellos, al estar hablando de química, todo debería reaccionar con todo. Sin embargo, considero que es una clasificación Emergente, ya que había asumido que, al hablar de “absorción de gases” se obviaría la no existencia de interacciones químicas, pero fue interesante ya que los estudiantes pudieron emitir hipótesis y formular debates desde sus análisis de los resultados, tal y como Carrascosa, et.al., (2006) lo proponen en las Prácticas de Laboratorio como Investigación.
El solv... y el solu...	La desconfianza a usar terminologías que parecen muy técnicas fue un factor constante durante la implementación. Específicamente cuando se hacía referencia a las soluciones. En esta clasificación, entran todas las afirmaciones sobre las soluciones. Nuevamente, esta clasificación se remite hacia el marco Disciplinar, en donde se obtienen todos los acercamientos hacia la solubilidad de los gases en el agua, en relación con lo estudiado de Henry (1802) y Dalton (1803).
Influencia de la temperatura y la presión.	En esta clasificación, se encontrarán todas las afirmaciones y preguntas que pudieron surgir a partir de los efectos de la temperatura y la presión en las soluciones gas-líquido que ubica esta clasificación dentro del marco Disciplinar, estudiado desde Henry (1802) y Dalton (1803).
Recordando...	Esta clasificación hace referencia a todas las temáticas, técnicas y conceptos que, relacionados con el fenómeno central. Se ubica en el marco Emergente, ya que no esperaba que, desde las cinco experiencias, se pudieran suscitar las explicaciones de diversos conceptos que surgieron en el momento, dándole un valor agregado a la ampliación de la experiencia por medio de los experimentos, además de la riqueza de las hipótesis que se obtuvieron. (Carrascosa, et.al., 2006; Hacking, 1996 y Larrosa, 2006).
Asociaciones con la vida cotidiana.	Las experiencias suscitaron que los estudiantes empezaran a pensar en ciencias, por eso, se generaron preguntas que tenían que ver con su vida cotidiana y formas de ver el mundo. Considero que esta clasificación está ubicada en los tres marcos de la triangulación: Disciplinar, Pedagógico y Emergente, analizadas desde los distintos autores que sustentan este trabajo de investigación.

Tabla 9 Clasificación para el análisis de los resultados obtenidos. Elaboración propia.

La organización de las clasificaciones con los marcos Pedagógico, Disciplinar y Emergente, se podrán evidenciar en la Figura 16, la cual, está estrechamente ligada con la Figura 1 presentado en el Capítulo II: Contexto Problemático.

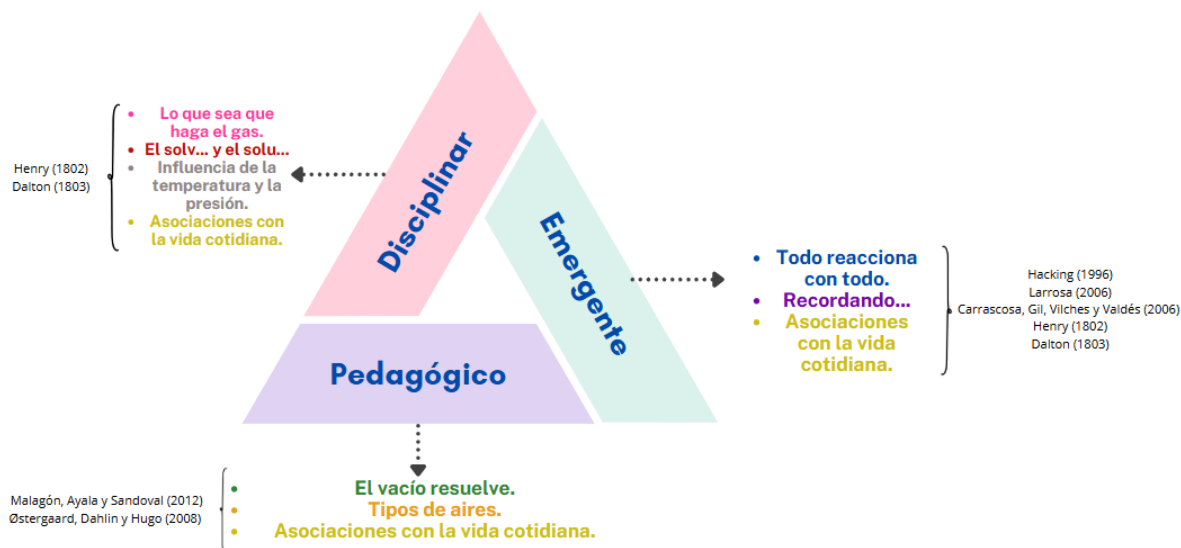


Figura 16 Triangulación de las clasificaciones para la sistematización. Elaboración propia

A partir de este momento, invito al lector a observar el código de color encontrado en el pie de página, que le permitirá guiarse en la clasificación de las preguntas y afirmaciones que los estudiantes manifestaron durante las intervenciones.

5.5.1. Experiencia 1. Reconocimiento de la existencia de los gases.

Para mí, era importante que se establecieran algunas precisiones conceptuales y experimentales antes de la implementación del fenómeno de absorción de gases en el agua. De este modo, podría sentar ciertas bases de conocimiento priorizando la comprensión de los fenómenos antes de los conceptos (Furman, 2008). En este sentido, esta experiencia tenía como objetivo realizar un primer acercamiento

- El vacío resuelve
- El solv... y el solu...
- Tipos de aires
- Influencia de la temperatura y presión
- Lo que sea que haga el gas
- Recordando...
- Todo reacciona con todo
- Asociaciones con la vida cotidiana

hacia el reconocimiento de los gases, su cumplimiento de la conservación de la masa y algunos otros comportamientos, encontrando rarezas o anomalías. Recordemos que esta experiencia se divide en dos montajes. (Ver Anexo 2)

5.5.1.1. Montaje 1. Producción y proporcionalidad del dióxido de carbono.

En este primer montaje, los estudiantes debían medir tres cantidades específicas de bicarbonato de sodio para efectuar la reacción con volumen constante (50 mL) de vinagre y dar cuenta de la proporcionalidad que hay entre el reactivo límite y el producto (gas), el cual, se recogería por medio de una trampa para gases. (Ver Figura 17)

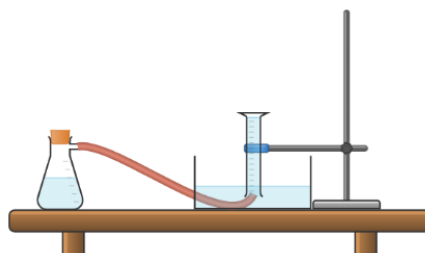


Figura 17 Obtención del CO₂ por desplazamiento del agua. Montaje 1. Experiencia 1. Elaboración propia.

Reacción involucrada:

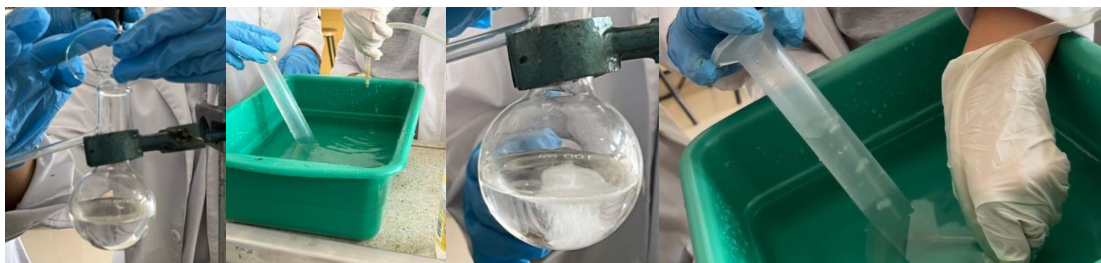


Inicialmente, había propuesto una cantidad específica de bicarbonato de sodio para obtener volúmenes de dióxido de carbono conocidos, sin embargo, en el colegio donde implementé no contaba con balanzas analíticas, por tanto, decidí que lo haría de forma aproximada y, teniendo en cuenta el volumen recogido del gas, podría obtener una aproximación la masa de bicarbonato de sodio. De este modo, pude obtener los datos reportados en la Tabla 10:

Masa de Bicarbonato de Sodio* <small>* Masas estimadas.</small>	Volumen de vinagre	Volumen de Dióxido de Carbono
0,010 g	50 mL	22 mL
0,018 g	50 mL	40 mL
0,032 g	50 mL	72 mL

Tabla 10 Resultados de producción de dióxido de carbono. Montaje 1. Experiencia 1. Elaboración propia.

Algunas fotografías de la experiencia (Ver Fotografía 13):





Fotografía 12 Montaje 1. Experiencia 1. Elaboración propia.

Durante este primer momento, tuve que hacer una serie de precisiones conceptuales con respecto al comportamiento de las sustancias, pero, sobre todo, en el manejo del material de laboratorio, puesto que los estudiantes no tenían una cercanía con todo lo que usaríamos. Esto fue evidente cuando le pregunto al estudiante: “Y ahora, vas a sacar el émbolo. ¿Sí sabes cuál es el émbolo?” Y me responde: Est. 2 “No”. O, básicamente, cuando se dificulta reconocer cuál es el Erlenmeyer, vaso de precipitado (beaker), balón con desprendimiento lateral y probeta. Esto se debe a cuestiones propias del contexto de los estudiantes que yo, como su docente titular, debía reconocer para el planteamiento de las experiencias, pues conozco sus dificultades conceptuales y experimentales, pese a prácticas que habíamos realizado en el transcurso del año; por este motivo, sabía que era necesario plantear experiencias previas a la implementación del diseño experimental y que debía crear una clasificación nombrada “Recordando...” que pudiera hacer referencia a conceptos claves que pudieran surgir de forma emergente.

Del mismo modo, era necesario contextualizar sobre el montaje de la trampa para gases, mostrando el proceso de llenado de la probeta con agua y hacer precisiones sobre lo que sucedería cuando el gas ingrese. Por eso, tuve que preguntar constantemente “¿Qué están midiendo?”, ya que cuando queríamos dar cuenta de la cantidad de gas producido y que estaba dentro de la probeta, observaban era el volumen del agua, como si el gas no estuviera allí. Incluso, esto pudo ser evidente en su respuesta de: Est. 1 “vacío, o sea, no vacío, lo que no tiene agua”. En este punto, me doy cuenta de que era difícil para ellos otorgar acciones al gas que habían acabado de producir, por tanto, era más sencillo acudir al “lo otro que desconozco, pero que no es agua” (afirmación mía), de este modo, surgen las clasificaciones de “El vacío resuelve” que demuestra la facilidad que los estudiantes encuentran para solucionar cuestionamientos alrededor de los gases y su dificultad de reconocerlos debido a su carácter incoloro, por lo menos en los que usamos en este Montaje 1, Experiencia 1; además, la clasificación de “Lo que sea que haga el gas”, que me permitirá identificar aquellas primeras formas de hablar para explicar las acciones de los gases.

Así, cuando les preguntaba por los datos de volúmenes, decían: Est. 1 “Pero a mí me da 22” Est. 2 “Estás midiendo el aire” Profesora: “¿Pero cuál aire?” Est. 2 “Pues de la reacción y el agua”. En este punto de la experiencia, acudían hacia las explicaciones más sencillas que, además, les brindaba un vocabulario conocido para ellos. El gas podía ser “aire”, pero luego, recordaron que fue producto de una reacción química, lo que conlleva a la segunda denominación “la reacción”. Sin embargo, era de esperarse que las formas de hablar del fenómeno fueran diversas, por eso, las actividades previas al diseño experimental que hice eran de vital relevancia para reconocer que los estudiantes recibirían las experiencias de forma distinta, pero que esto permitiría que éste organice sus ideas y representaciones (Gomez y Moreno, 2018).

Por otro lado, llamó mi atención que lograran establecer relaciones entre lo observado y sus conocimientos previos, puesto que, al hablar del bicarbonato de sodio dicen: “Est. 1 Ah, pues es el *limiting reactant*, ¿no?”, lo cual, permitió que tuvieran elementos para responder a mi pregunta: “¿Cuál de los reactivos define cuánto se va a producir?”, respondiendo: “Est. 5 El limitante”, estableciendo la proporcionalidad de: “Est. 5 que, a mayor cantidad de bicarbonato, la cantidad del dióxido de carbono es la que aumenta”. No es de interés el centrarme en conceptos estequiométricos, sino el lograr que el estudiante identifique que los gases existen, además que, igual que los líquidos y sólidos, obedecen a la ley de la conservación de la materia en donde su producción dependerá de las proporciones de su reactivo límite, en un exceso de vinagre. Lo anterior, también fue evidente en los resultados mostrados en la Tabla 9, además de lo que lograron consolidar en sus respuestas escritas, en donde, nuevamente, se evidencian las dificultades en admitir la existencia del gas: Est. 4 “Al siempre tener la misma cantidad de vinagre, es posible inferir que lo que genera una mayor reacción es la cantidad suministrada de bicarbonato de sodio, haciendo referencia a la *dependencia entre bicarbonato y la reacción*”.

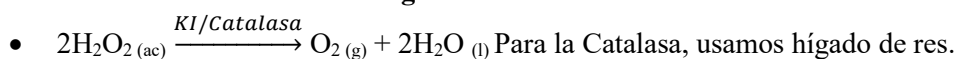
En este sentido, puedo afirmar que mis propósitos con este Montaje 1 se lograron cumplir, en términos de que se lograron establecer relaciones de proporcionalidad entre la cantidad del bicarbonato de sodio y el volumen producido de dióxido de carbono. Creo que la idea de que el gas se produce de la reacción pudo lograrse parcialmente, puesto que en ocasiones se volvía a la idea de que, en realidad, teníamos “un aire” u “otra cosa que no es agua”. Como conozco a mis estudiantes, considero también que fueron bastante tímidos con la experiencia, tal vez por la lejanía con sus experiencias cotidianas con los gases, los montajes o por las preguntas que planteé, las cuales, no produjeron debates, hipótesis o preguntas, más allá que sobre las formas de medir. Sin embargo, esta Experiencia 1, me recuerda al trabajo de grado de Gutiérrez (2021), en donde se cuestiona sobre los tipos de aires que los estudiantes suelen mencionar, lo cual, conlleva a su interés que comparto e implementé, sobre la caracterización del aire, motivo por el cual, surge la clasificación de “Tipos de aires”.

Un aspecto que valoro mucho de la implementación de este Montaje 1 fue la oportunidad de recontextualizar varios saberes alrededor del manejo de material de laboratorio. Sin embargo, considero que se puede someter a modificaciones.

5.5.1.2. Montaje 2. Reconocimiento de gases por colorimetría.

Este montaje tiene como propósito el reconocer la existencia del dióxido de carbono y del oxígeno, por medio de la colorimetría de la fenolftaleína. Preparé una solución al 10% de leche de magnesia. Los estudiantes añadieron gotas de fenolftaleína. Llevamos a cabo la producción de dióxido de carbono e hidrógeno, los cuales, se inyectaron en la solución de leche de magnesia.

- **Método de obtención de oxígeno:**



Est 2. Profe, ¿por qué con hígado?

Yo: El hígado contiene catalasa, en realidad, habría servido cualquier trozo de carne, funciona como catalizador para la descomposición del agua oxigenada y producimos oxígeno.

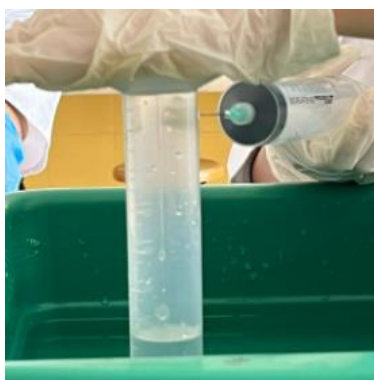
Est. 2 ¿O sea que cuando me pongo agua oxigenada en una herida, produzco oxígeno? Yo pensaba que era porque la tenía infectada.

He hecho este experimento en varias ocasiones con mis estudiantes, pero creo que nunca había analizado que la reacción química ocurría en las heridas y que, tanto para ellos, como para muchas personas, podría pensarse que el motivo de la efervescencia que se presenta allí es por una infección ya existente, pero no por la producción de oxígeno que genera un ambiente desfavorable y tóxico para la reproducción de bacterias y, por tanto, evitar las infecciones. Considero que fue una asociación interesante con su vida cotidiana que también me permitió notar cómo he priorizado el lenguaje simbólico (Camargo y Hederich, 2010) sobre las experiencias y aplicaciones de las reacciones químicas.

- **Método de obtención de dióxido de carbono:**



El objetivo fue realizar una comparación entre el dióxido de carbono y el oxígeno, cuando interactúan con la solución preparada. Este montaje, permitió que los estudiantes empezaran a establecer relaciones y diferencias entre los gases, por medio del viraje de la fenolftaleína, de la cual, tuve que hacer una contextualización sobre lo que era y su uso para el reconocimiento de sustancias ácidas y básicas, sin interactuar en una reacción química con la solución de estudio. Además, implementé la probeta con la válvula que permitiría la extracción de los gases (Ver Fotografía 14).



Fotografía 13 Extracción de dióxido de carbono por medio de la probeta adaptada. Montaje 2. Experiencia 1. Elaboración propia.

Usé dos tubos de PVC adaptados con una válvula de bolsa de suero, la cual, puse en la parte inferior, de este modo, podría asegurarme de que el gas tuviera contacto con el líquido y que fuera evidenciado por medio del burbujeo. Estos tubos fueron producto de intentos de diseños experimentales que realicé antes (Ver Fotografía 15).

En el colegio no tenía pinzas para sostener la probeta suspendida, así que, tuve que sostenerla y levantarla con la mano para permitir el ingreso del gas. Tuvimos una gran producción de oxígeno, así que el agua salió en su totalidad de la probeta, cuando la solté, ésta se levantó. Así que empezamos a analizar sobre lo sucedido y pregunté: *¿Saben qué está pasando ahí? Est 2 Que el aire sí está. Est 1 El oxígeno, al ser menos denso, lo está levantando. Est 5 El oxígeno es más liviano, entonces, por eso está levantando la probeta.* Para evitar que esto sucediera, extraje una porción de gas con la jeringa y pregunté: *¿Por qué ya no se cae la probeta? Est 4 Porque el agua está nuevamente ocupando el espacio del gas Est 2 Y el agua, como es más pesada, entonces, ahora sí le va a dar sostén a la probeta para que no se caiga.*

Resalto este momento emergente, debido a que me permitió evidenciar que, nuevamente, la primera noción de las acciones de los gases es otorgado al aire, pese a la reacción llevada a cabo entre el hígado y el agua oxigenada para producir oxígeno. Sin embargo, para otros estudiantes pareció mucho más sencillo comprender que el oxígeno sería “menos denso” y “más liviano”, aunque no hay una segunda sustancia de comparación, habría valido la pena que yo preguntara: ¿con respecto a quién? Pero para mí, fue fundamental evidenciar cómo esta primera experiencia estaba suscitando el reconocimiento de que los gases tienen pesos y densidades que, era uno de los objetivos de Dalton al hacer sus estudios sobre los gases atmosféricos y del uso del montaje de absorción de gases en el agua, replicado de Henry. Al hacer la extracción, empiezo a escuchar cómo, con mayor seguridad, se reconoce la presencia del gas, reconociendo que el agua volverá a ocupar el lugar que éste desplazó y que, el agua la ser más pesada (asumo que con respecto al oxígeno), ahora sí se sostiene la probeta por sí sola.

Iniciamos la inyección de los gases en las soluciones de leche de magnesia, en donde obtuvimos los siguientes resultados observables:

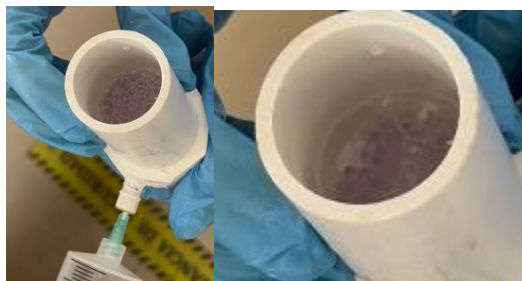
Con dióxido de carbono (Ver Fotografía 15):



Fotografía 14 Viraje de la fenolftaleína en contacto con el dióxido de carbono. Experiencia 1. Montaje 2. Elaboración propia.

Con el dióxido de carbono, se logró evidenciar el viraje de la fenolftaleína a traslúcido.

Con oxígeno (Ver Fotografía 16):



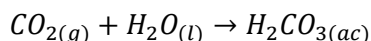
Fotografía 15 Viraje de la fenolftaleína en contacto con el oxígeno. Experiencia 1. Montaje 2. Elaboración propia.

Con el oxígeno, no se evidenciaron cambios de viraje de la fenolftaleína.

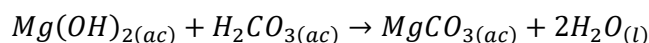
Al inyectar el gas en el tubo, pregunté: ¿Cómo me doy cuenta de la existencia del gas aquí? **Est 1 Por las burbujas.** La asociación de las burbujas con el gas fue muy relevante para la Experiencia 2.

En este punto, empezamos a analizar las reacciones químicas involucradas, específicamente las relacionadas con las interacciones del dióxido de carbono:

- **Disolución de CO₂ en agua:**



- **Neutralización de Mg(OH)₂ con H₂CO₃:**



Al ver la reacción química del CO₂, pregunté: ¿Y dónde está el agua? **Est. 2 Ahí, sí, en la solución.** Introducimos la clasificación de “El solv... y el solu...”.

En cuanto a la pregunta por las conclusiones que se podían establecer para diferenciar el dióxido de carbono y el oxígeno: **Est 5 Que primero el dióxido de carbono es más denso que el oxígeno Est 4 y más pesadito, ¿cierto?** Asumo que estas relaciones de masa, pudieron establecerlas por la composición molecular de cada uno de los gases, en donde puedo notar que los estudiantes tienen nociones de los pesos y las proporcionalidades atómicas. Puede que los estudiantes no tuvieran claro cuál es el valor exacto del peso atómico del Carbono o del Oxígeno, pero sí que el dióxido de carbono es CO₂ y el oxígeno O₂ (aunque, en mi experiencia, a los estudiantes se les dificulta la comprensión del carácter diatómico del oxígeno, así que podría suponer que, para ellos, igual que para Dalton, es monoatómico) y, por cantidad de átomos, el primero sería más pesado que el segundo. Este aspecto de proporcionalidad no está dentro de mis intenciones con la experiencia, pero me pareció interesante tenerlo en cuenta para resultados que mostraré en experiencias posteriores.

Continuando con las diferencias y similitudes entre los dos gases, haciendo referencia al CO₂: **Est 1 Y que reacciona de manera ácida con el agua**, introduzco la clasificación del “**Todo reacciona con todo**”, con esta afirmación que evidencia que el estudiante empieza a relacionar que el gas hace una acción sobre el líquido, pero que está relacionada con un cambio químico, igual que: **Est 3 El dióxido se disuelve en el agua**, nociones de solubilidad de los gases en líquidos y **Est 2 Ambos crearon burbujas**. Estas afirmaciones son muy relevantes para mí, pues ya hay un reconocimiento de la presencia del gas, sin acudir a ideas de vacío o aires como sucedió en el Montaje 1, logrando la identificación de la formación de un ácido por medio del cambio de coloración de la fenolftaleína, lo cual, evidencia cómo las formas de hablar del fenómeno van modificándose a medida que las experiencias transcurren, ya que se tiene una conciencia distinta sobre él (Malagón et al., 2013).

Yo: ¿Y el oxígeno? **Est 1 ¿El oxígeno es más que todo como una base o se queda igual?** Claramente, al no evidenciarse un cambio en la coloración y, basados en mi explicación sobre el viraje de la fenolftaleína frente a soluciones básicas y ácidas, pudo creerse que el oxígeno era una sustancia básica o que aumentaría la basicidad de la solución; en este punto, tuve que resolver la pregunta de tal forma que fuera claro que, si la fenolftaleína no viraba, también podía ser porque la interacción del oxígeno no tenía el mismo efecto en la solución, como sí ocurría con el dióxido de carbono. Sin embargo, en el diligenciamiento de la guía sobre esta experiencia y, tal vez apoyados del uso herramientas digitales de búsqueda, encuentro las siguientes afirmaciones: **Est 4 “Ambos pueden disolverse en agua, pero con efectos distintos sobre el pH”**, **Est 1 “El oxígeno no forma ácidos en presencia de agua y no altera el pH de la solución”**.

Considero que mis intenciones con el montaje 2 se cumplieron parcialmente. Se suscitaron ideas de solubilidad e interacciones del dióxido de carbono con la solución de leche de magnesia, sin embargo, debo admitir que tuve que acudir a lenguajes como representación (Camargo y Hederich, 2010) usando el planteamiento de las reacciones químicas para mis explicaciones, puesto que, en principio, noté que las preguntas orientadoras no se entendían del todo, por tanto, la formulación de explicaciones fue difícil para los estudiantes. Lograron dar cuenta de la presencia del gas al inyectarse en los tubos de PVC por medio del burbujeo que se presentaba, además de evidenciar que el gas producido era el que se encontraba dentro de la probeta y que, su ingreso o salida, generaba también el movimiento del agua.

Al finalizar esta primera experiencia, puedo concluir que se lograron puntualizar y aclarar ciertos conceptos que yo consideraba claves para comprender los montajes que seguían (como el uso de la trampa para gases), además de la posibilidad de introducir algunas nociones sobre reconocer y diferenciar los gases dejando de lado las ideas de “vacío” o “tipos de aires” y modificando las formas de hablar de los gases que, desde el enfoque fenomenológico, es fundamental. Sin embargo, creo que pude haber propuesto primero un montaje que permitiera “romper el hielo” entre los estudiantes y el fenómeno de estudio. Por ejemplo, en el Montaje 2, el hecho de que la probeta se “elevara” por efecto del gas, suscitó ideas muy interesantes sobre densidad y peso atómico, que no estaban dentro de las intenciones de la experiencia, pero que, definitivamente era un efecto sensible (Malagón et.al., 2013) que se pudo analizar y profundizar.

Igualmente, el planteamiento de preguntas orientadoras fue muy técnico, lo que conllevó a operativismos que los alejaban de su cotidianidad y de la facilidad para, más que responder lo que les planteé, que generaran sus propias preguntas. Para mí, como profesora, tampoco fue cómodo notar la timidez de mis estudiantes frente a las experiencias que diseñé, ya que no percibía que realmente fuera eso para ellos, sino que simplemente estaban siguiendo una serie de pasos sin un análisis profundo sobre lo que sucedía, sobre todo en cuanto a los efectos del oxígeno en la solución de leche de magnesia, lo cual, va en contravía con las Prácticas de Laboratorio como Investigación (Carrascosa, et.al., 2006), que es el aspecto metodológico que guía esta estrategia didáctica, por tanto, es importante someterla a modificaciones.

5.5.2. Experiencia 2. Explorando las bebidas carbonatadas.

Esta experiencia está dividida en tres momentos: Antes de abrir la botella, durante la apertura de la botella y después de abrir la botella. Me gustaría que el lector pudiera centrarse en el desarrollo de las explicaciones y formas de hablar del fenómeno dadas por el Est. 2, las cuales, resaltaré en negrilla.

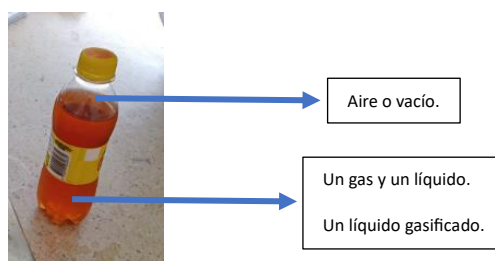
Mi intención con esta experiencia es que los estudiantes acudieran a sus sentidos para notar efectos sensibles que les permitieran la comprensión del fenómeno de solubilidad del gas en un líquido, además de diferenciar burbujeos, sonidos y sabores que la bebida carbonatada presenta luego de la agitación y el calentamiento. (Ver Anexo 3)

5.5.2.1. Antes de abrir la botella

Una de las primeras descripciones que los estudiantes debían realizar, era sobre el contenido de la bebida carbonatada en términos de las fases de la materia que se encontraban allí. Lo primero que hicieron ante la instrucción, fue leer la tabla de contenido, en donde mencionaban sustancias como: Agua carbonatada, azúcar, acidulantes (ácido cítrico y ácido málico), entre otras que eran desconocidas para ellos. Acudieron hacia lo más simple (pero menos comprensible) que podría resolver el cuestionamiento, antes de detenerse a observar el contenido de la botella. Pude haber

cometido algún error en el planteamiento de mi pregunta y/o instrucción dada, ya que tuve que brindar mayor contexto para que se entendiera el ejercicio que esperaba.

Esta pregunta suscitó debates entre los estudiantes, por ejemplo, **Est. 2 dijo: no, yo creo que debe ser un vacío o un aire porque quién te asegura que cuando cerraron la gaseosa no había nada.** Est. 3 un vacío Est. 2 puede ser aire, depende de las condiciones en las que se les haya cerrado (Ver Fotografía 17). Por otro lado, cuando pregunté: ¿y en el resto de la bebida qué hay? Est. 4 Está solo (infero ideas de ausencia de gas o aire, pero no necesariamente vacío). Est. 1 Un gas y un líquido. Est. 5 El líquido gasificado (Ver Fotografía 17). estas dos afirmaciones me resultan de gran interés, los dividí en dos clasificaciones distintas, pero, en realidad, considero que hacen parte de lo mismo. Los estudiantes ya cuentan con algunas ideas relacionadas con la solubilidad de los gases en los líquidos y que, de alguna manera pueden estar unidos, pero todavía no es muy claro, así que continuamos en la idea de “lo que sea que haga el gas” en contacto con el líquido.



Fotografía 16 Identificación de la bebida carbonatada. Experiencia 2. Antes de abrir la botella. Elaboración propia.

Cuando se solicitó que agitaran la gaseosa mientras estaba cerrada, debo admitir que pensé que no se vería ningún efecto. Cuando ellos agitaron y noté la aparición de la efervescencia, quise conocer sus explicaciones sobre lo observado, donde el Est. 2 responde: **es aire para que reaccione con el líquido y genere la burbuja, porque con algo tiene que reaccionar para crear las burbujas.** Esta idea se ampliará en el siguiente apartado “Durante la apertura de la botella”.

En esta primera parte de la experiencia, la idea de la existencia de aire y su reacción dentro de la botella fue muy recurrente y cada vez se reafirmaba más, sin embargo, fue una transformación de saberes que iniciaron por la noción de vacío y luego, un tipo de aire que producía burbujas.

Pude notar una incomodidad muy diferente a la de la Experiencia 1. Esta vez, fue por la ausencia de mi explicación y el afán por tener una respuesta inmediata a las preguntas que surgían, puesto que decidí que solo quería escuchar sus múltiples formas de hablar, por este motivo, durante los siguientes momentos, me centraré más en los relatos interesantes que logré organizar.

5.5.2.2. Durante la apertura de la botella

Seré reiterativa en el relato de esta experiencia cuando digo que las respuestas que obtuve, en definitiva, no las esperaba. Incluso, en un principio pensé que no suscitaría interés en los estudiantes ya que podía ser obvio para ellos, como lo era para mí.

Cuando le pedí a los estudiantes abrir la botella y explicar lo sucedido (Ver Fotografía 18), respondieron:



Fotografía 17 Bebida carbonatada después de la agitación. Experiencia 2. Durante la apertura de la botella. Elaboración propia.

- Salen burbujas y todas suben a la parte superior
- Ahora las burbujas ocupan un espacio que antes no había
- **Est. 2 Se escapa un aire. (...) La reacción entre la bebida y el aire. (...) Lo blanco es un producto de reacción.**

Para algunos, la clasificación de “El vacío resuelve” se acababa en cuanto veían la efervescencia, porque ahora las burbujas ocupaban aquel lugar, lo cual, daba cuenta de cómo el experimento ampliaba la experiencia fenomenológica (Malagón, 2012) para ir transitando entre las clasificaciones que planteé. La clasificación de “Tipos de aires”, por parte del Est. 2 permanecía, otorgándole la justificación de la presencia de “lo blanco”, que era producto de una reacción de la bebida con el aire, una explicación que se mantuvo para responder a: “¿De dónde sale la efervescencia?”. Infiero que esto pudo suceder al vincular la presencia de la espuma con la producción de dióxido de carbono con el vinagre y bicarbonato de sodio realizados en la Experiencia 1, ya que se ve un efecto similar. Por tanto, en este punto, fue más difícil que los estudiantes acudieran a la idea de solubilidad de los gases. Sin embargo, nuevamente, no hice intervención en sus explicaciones. Era un momento en el que el estudiante podía tomar el rol principal que le permitiera hacer uso de los atributos de indagación, reflexión y comunicación que el Bachillerato Internacional promueve.

Por otro lado, cuando analizamos sobre el sonido que escucharon al abrir la botella, solicité que lo describieran, en donde el Est. 5 dice: **Si, suena como liberador**, mientras que el Est. 4: **No sé cómo describirlo. Como cuando tienes una bomba y te toca como ya desbaratar la decoración, pero no lo quieres hacer como ¡ta! Entonces solo le cortas un poquitico de aire.** Las relaciones de lo observado con sus experiencias cotidianas, permitía evidenciar cómo los estudiantes empezaban a pensar en ciencias.

Lo cual, me suscita la pregunta: “¿Y ahí quién produce el sonido?” (haciendo referencia a la botella) Recibí las siguientes respuestas:

- **Est. 2 El aire que está adentro.** Y luego: **La entrada del aire.** En este punto, hubo controversia entre las dos afirmaciones. Lo cual, me llevó a preguntarle al Est. 2: “¿O sea que hay tipos de aires, uno que entra y otro que sale?”, no esperaba una respuesta en específico, solamente fomentar el conflicto que llevara a la recontextualización de sus saberes que serían evidentes en sus modos de hablar y estudiar los fenómenos sin necesidad de acudir al aire, sino cuestionarse sobre la posible existencia de otra sustancia.
- **Est. 1 Es de shhh. Las burbujas se están yendo.** (Uso de antropomorfismos para explicar “lo que sea que haga el gas”)
- Est. 3 También la presión que tiene para que se libere. (Introduce la clasificación de la **Influencia de la temperatura y presión**).

- Est. 5 Que hay un gas dentro del líquido.

Y yo pregunto: ¿Se mantiene el sonido siempre, hay forma de evitarlo? Aquí, el Est. 2, dice: **Siempre va a sonar, porque tiene gas en el interior.** Mediante las discusiones con sus compañeros, logra integrar en sus explicaciones la existencia del gas (Aparentemente inacabable, pero vamos paso a paso), comprendiendo que tiene un efecto en la bebida carbonatada, generando un sonido cuando se abre la botella.

Llegado este punto de la experiencia en el aula, la clasificación de “El vacío resuelve” y “Tipos de aires” empiezan a desaparecer de sus explicaciones, pues se quedaron cortas para dar respuesta a los cuestionamientos que presento y los que, entre ellos mismos se fueron desarrollando. De este modo, empieza a predominar la clasificación “Lo que sea que haga el gas”. Logro dar cuenta de lo que Malagón, et.al. (2013) afirmaban sobre cómo el fenómeno cambia cuando la conciencia sobre él también lo hace, debido a las rarezas o anomalías que incitaron la curiosidad (Furman, 2008) en el Est. 2 y que, gracias al diálogo de saberes que se dio en durante el experimento, se evidenció su tránsito por las diferentes clasificaciones.

Promover la formulación de preguntas, debates y reflexiones en los estudiantes, puede ser una actividad de gran dificultad y, a menudo, los profesores no somos conscientes de ello. Solemos formular innumerables preguntas para poder “verificar” si los estudiantes lograron adquirir conocimientos y, dependiendo de que la respuesta sea lo que yo espero, entonces hubo aprendizaje, de lo contrario, yo debo “corregir” el saber. Lo anterior, elimina la perspectiva del aula como sistema de relaciones, otorgando al profesor un carácter de ser el dueño del conocimiento y el estudiante asume un papel pasivo ya que solo debe contestar de forma correcta para aprobar una asignatura, pero ¿dónde quedan las organizaciones, formas de hablar, argumentos y debates que nuestros estudiantes logran producir frente a nuestras propuestas de aula? Convertir al estudiante como principal actor del proceso de aprendizaje y al profesor, como promotor de conflictos entre sus ideas previas, puede generar un ambiente distinto en la clase, donde se permita realmente pensar en ciencias, evitando caer en la transmisión de teorías y conceptos desconectados de las experiencias cotidianas de los estudiantes.

Escuchando y organizando las grabaciones de voz de mis intervenciones, me di cuenta de que, durante la Experiencia 1 y el principio de la Experiencia 2, justamente, tenía ese afán por leer las preguntas que ya había diseñado, querer plantear más o brindar explicaciones que pudieran satisfacer el afán de mis estudiantes por comprender lo observado, es decir, mi voz predominaba en las transcripciones. Dejé de hablar y empecé a escuchar. Hay momentos en los que nuestro rol es promover el conflicto de ideas que, por medio de la observación del fenómeno y el diálogo de saberes entre pares, se logrará llegar a conclusiones que serán evidentes en la formalización de sus formas de explicar el fenómeno. Esta experiencia me permitió pensarme un rol distinto en el aula.

5.5.2.3. Después de abrir la botella

El conflicto no ha terminado. ¡Llegó el momento de saborear la bebida!

Para describir el sabor, los estudiantes afirman que **Est. 2 se sienten como las burbujas**, lo cual, conlleva a que ellos se pregunten: **Est. 4 ¿Qué es una burbuja?** Donde el Est. 5 dice: **¿Tiene agua carbonatada? No. Qué trampa. No sé. No sé de qué están hechas las burbujas.** Pero, por otro lado, reconoce que: **A mí me habían dicho que cuando tú batías la gaseosa perdías las burbujas** (dificultad de relacionar la conservación de la materia con la liberación del gas). **El Est. 2 continúa con su vinculación al “Todo reacciona con todo” al afirmar que: porque cuando te la tomas no la estás agitando y tienes una reacción de que salen burbujas o que sientes burbujas.**

Continué con la lectura de las instrucciones de la guía, en donde ellos debían agitar y abrir la botella cinco veces consecutivas.

Est. 2 A ver. Ok, y si la dejo en reposo y las burbujas se van a calmar. (Acuden a recursos de su lenguaje que otorgan sentimientos o decisiones por parte de las sustancias) Yo: ¿Y las burbujas son iguales que al principio? **No. No, son muy chiquitas. Antes, bueno, estaban chiquitas. O sea, antes era como espuma. Ahora se notan más.**

¿Y cómo cambia el sabor?

- Est. 5 Es como que el sabor se pierde.
- Est. 1 Sí. Hay menos sabor. O sea, es como diferente. También la primera vez que la probé, como por el gas, hay un sabor como picoso. No sé si llamarlo así. Sí. Como picoso. Y ahora ya no se siente tanto ese.
- Est. 2 Ya no se siente con tanto gas. Ya no sabe tan rico.

¿Y qué sucede con el gas después de varias agitaciones?

- Est. 1 Yo creo que después de agitarla ahora solo es líquido.
- Est. 2 Sí, se agitará muchas veces, tal vez ya se libera el gas.

¿Y el gas que se libera, dónde va a estar? **Est. 2 En el aire.**

La transformación progresiva que logré notar del Est. 2 fue muy interesante. Inició con el término de “vacío” que rápidamente cambió por el de “aire” que, aparentemente, le resolvía incluso la aparición de la efervescencia por efecto de una reacción química, pero... ¿reacción química del aire con otro aire? Al parecer, generar el conflicto entre los tipos de aires, permitió que el estudiante tuviera que acudir a otras sustancias para poder explicar lo que había al interior de la bebida, adquiriendo el término de “gas”. No importaba cuál, pero había uno que estaba dentro del líquido y que, si lo agitaba constantemente, se liberaría, pese a que antes había manifestado ideas de que el gas era inacabable y que, por eso, el sonido que se presentaba al abrir la botella siempre existiría. No era de mi interés que el estudiante dejara de pensar en la existencia del aire, simplemente se requería una organización de los efectos sensibles que permitió notar que, en realidad, esta mezcla de gases se encontraba fuera de la botella y que, al liberarse el gas, tendría una interacción con el aire; introduciendo, además, la propiedad de difusión.

Por otro lado, este momento de la experiencia permitió que los estudiantes empezaran a enfocar su atención en los burbujeos que presentaba la bebida. Al principio, vimos que la necesidad de acudir al vacío podía darse al “no observar nada”, pero también al aire, siendo éste su acercamiento más común con los gases. Sin embargo, ahora parece ser que estas explicaciones continúan siendo insuficientes. Hay algo más que puede generar la efervescencia y que conlleva a preguntarse ¿Qué es una burbuja? ¿De qué está hecha?

Adicionalmente, mi intención era que lograran establecer relaciones entre la agitación de la solución gas-líquido con la liberación del gas, ya que así, Dalton y Henry lo explicaban en sus montajes para el tratamiento del agua que, posteriormente, absorbería el gas. Para ello, yo esperaba que los estudiantes pudieran acudir a la clasificación de “El solv... y el solu...”, sin embargo, esto no sucedió. Creo que la idea de las burbujas aún está desconectada de la interacción mecánica entre el gas y el líquido, pues la clasificación de “Todo reacciona con todo” continúa presente. Pero comprendo que esto suceda, durante toda la intervención he notado que, hasta que no se presente un hecho que les

genere un conflicto real que genere la necesidad de acudir a otra interpretación y explicación, no encontraré otras clasificaciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, propongo el cierre de la experiencia y la que considero más productiva y fructífera, más que por la riqueza de los análisis que hicimos, fue por notar cómo la intervención no era solo para ellos, sino también para mí. La instrucción fue: Calentemos la gaseosa, e inicio preguntando: ¿alguna vez han calentado una gaseosa? Y el Est. 1 responde: ¿por qué calentaría una gaseosa? Y pensé: Tienen razón, yo tampoco lo he hecho. Propuse la actividad lo que conozco teóricamente de la influencia de la temperatura sobre los gases y su solubilidad, es decir, esperaba que, al calentar la bebida, el dióxido de carbono se liberara, pero no contemplaba algunos análisis que surgieron al ejecutar el proceso con mis estudiantes.

¿Qué creen que podría suceder si yo caliento la gaseosa? **Est. 5 Se evapora el gas.**

¿Se evapora el gas?

- **Est. 2 No, se evapora el líquido.**
- Est. 5 ¿No se queda el azúcar? El azúcar se queda abajo.
- Est. 1 Yo digo que algo pasa con el azúcar.

¿Se evapora el azúcar?

- Est. 5 No, se queda el azúcar.
- Est. 1 Sí, que se queda como el azúcar abajo (Asociación con el montaje de evaporación, Ver Fotografía 19)

Los estudiantes pertenecen a grado undécimo y, desde la asignatura de Química en donde yo soy la docente titular, hicimos la práctica de laboratorio de métodos de separación de mezclas, por este motivo, están relacionando lo que observan en la gaseosa con la evaporación que hicimos de una mezcla de agua con sal. La ventaja de haber realizado aquella práctica de laboratorio fue que permitió traer a escena ideas previas sobre composición de la materia, cambios físicos, químicos y la separación de mezclas.

Ante las descripciones de lo observado al poner la gaseosa en contacto con la llama (Ver Fotografía 19), el **Est. 2 dice: Hay burbujitas. ¿Pero son las burbujitas del líquido? (...) si fuera del líquido, se estaría evaporando y no, porque la gaseosa estaba fría.** Así que tomé la decisión de medir la temperatura de la bebida, la cual, estaba a 20°C. La ebullición del líquido ya no era una opción para ellos.



Fotografía 18 Calentando la bebida carbonatada. Experiencia 2. Después de abrir la botella. Elaboración propia.

¿Por qué están saliendo las burbujas? **Est. 2 Porque están quitando el gas.** ¿Se está agitando? Est. 5 No, no se ha agitado. O sea, ese efecto es de la temperatura. Previamente se había introducido esta clasificación, por la presión que se “liberaba” cuando se abría la gaseosa; ahora, los estudiantes estaban evidenciando que, para la aparición de las burbujas, no solamente la agitación lo provocaba, sino también el aumento de la temperatura, pero, además, que no surgían del líquido, sino de un gas que emerge de él. Aquí, obtengo los resultados que esperaba por parte de los estudiantes.

Volvemos a medir la temperatura de la bebida, la cual, se encuentra en 50°C: **Est. 1 Las burbujas han ido disminuyendo con el tiempo.** Est. 5 Primero se creó una capa de burbujas y después empezaron, fue a subir, de abajo hacia arriba. Y ahora ya no. Suben, pero es muy poquito. Esto me recordó los experimentos que Henry hizo de la influencia de la temperatura en la solubilidad de los gases, según sus resultados, la temperatura apropiada para la inyección de los gases era 55°C que, aproximadamente, también coincidía con la poca cantidad de burbujeo que se observaba y que los estudiantes empezaron a diferenciar con el que apareció después. Es decir, la temperatura correspondía con la aparente liberación total del gas disuelto y que, por tanto, el líquido quedaría propicio para la inyección de un nuevo gas a cierta presión.

Los estudiantes empezaron a establecer relaciones de proporcionalidad, enunciando: Est. 5 a mayor temperatura, menor cantidad de burbujas, o sea que son inversos (haciendo referencia al primer burbujeo).

La pregunta sobre: ¿De qué está hecho el burbujeo? Persistía, donde el Est. 5 vuelve a acudir a la tabla de contenido de la bebida. Sin embargo, insistí en que solamente observara el beaker y lo que ocurría a su interior. Así que dice: **Pues debe ser dióxido de carbono, ¿no?** Por otro lado, **el Est. 2 relaciona con su vida cotidiana diciendo: ¿qué tiene mi máquina? Yo le meto agua y eso me hace agua con gas. Le meto jugo y gasifica el jugo** (Haciendo referencia a una máquina gasificadora).

Medimos la temperatura por tercera vez: Estamos llegando a los 80°C, ¿cómo describen la cantidad de burbujas en esta temperatura? Est. 1 muy poquitas a comparación con las primeras. **Est.5 ¿el tamaño cambió? claro el tamaño aumentó.**

Solicité que se fijaran en las paredes del recipiente, ya que se evidenciaba la aparición de vapor. **Est. 3 Está saliendo un humito.** Est. 5 entonces puede ser que ahora sí estemos llegando a un punto de ebullición. Est. 3 O sea lo que debería pasar es que las burbujas aumenten, pero sean burbujas por el punto de ebullición. Entonces, ¿qué estamos viendo?, pregunté, **Est. 2 las burbujas pueden provenir de diferentes lados porque mira que acá ya empezaron a salir burbujas grandes y ya no hay burbujas chiquititas.** Entonces, ¿será que estas nuevas burbujas son iguales a las burbujas que vimos antes? **Est. 4 hay tipos de burbujas** Est. 5 No, en un primer momento es también por la temperatura o sea si todas fueran iguales, pues seguirían saliendo las mismas burbujas que vimos al principio, pero hubo un momento en el que cesó el primer burbujeo y ahora está saliendo otro burbujeo. **Est. 2 pues que las anteriores eran de gas, del gas que sea y estas son de las del agua.**

En medio de las reflexiones, me di cuenta de que, pese al reconocimiento de tipos de burbujas, la identificación de las sustancias que las formaban estaba generando dificultad y conflicto. Puede que las burbujas grandes ya estuvieran asociadas a la ebullición del agua, pero sobre las primeras, todavía no era claro, aunque el Est. 5 estaba acercándose al dióxido de carbono. Por tanto, decidí acudir a explicaciones sobre la clasificación de la materia, donde pudimos recordar conceptos de mezclas homogéneas y heterogéneas en comparación con los elementos y compuestos químicos. Allí, el Est. 5. logró identificar que **la gaseosa es una mezcla homogénea, entre agua, azúcar, colorante, endulzantes... Y el gas.** Sin embargo, pese a ello, había confusiones con los cambios químicos y

físicos, puesto que persistían preguntas de: Est. 3 ¿la creación de espuma no sería un cambio químico? Con el paso del desarrollo de las ideas, los estudiantes lograron concretar que una mezcla homogénea no involucraba un cambio químico, sino físico y que, por tanto, la espuma era generada por “¿el solu... y el solv... de la gaseosa?” que, tímidamente, el Est. 2 mencionó, pero que el Est. 5 complementó: ¡Ah, una solución!

Así que pregunté: ¿Entre qué tipo de sustancias puedo hacer soluciones? Est. 1 O sea, por ejemplo, si yo cojo un SunTea y el agua, hago una solución de un sólido en un líquido. ¿Y en la gaseosa? Est. 5 Líquida-gaseoso (...) Es decir que entre ellos dos no hay un cambio químico. Hay un cambio físico. Netamente físico. ¿Entonces yo puedo solubilizar un gas en un líquido? Est. 2 ¿Cómo? ¿Cómo lo hace mi maquinita? Est. 5 Pues yo nunca me lo había preguntado. Pero ya, me estoy preguntando...

El Est. 5 recuerda lo que le sucede a la bebida con el aumento de la temperatura y se pregunta: ¿Cómo así? ¿La temperatura no aumentaba la solubilidad? Solamente respondí: Aparentemente, para los gases funciona diferente. Y el Est. 5 responde: ¿Los gases no es como lo de P, V, n, igual a R, T? Esta última afirmación, me permitió evidenciar que los estudiantes tenían un acercamiento con los gases netamente teórico que los llevaba a acudir a lenguajes como representación (Camargo y Hedereich, 2010), los cuales reflejan la forma en la que los profesores priorizamos la formulación de teorías, ampliando la brecha con el fenómeno y evitando que se descubra su organización (Østergaard, 2008) para la consolidación de nuevas formas de actuar, pensar y hacer en el aula (Malagón, et.al., 2013) fomentando, además, los cuestionamientos sobre la filosofía de las ciencias en donde se problematiza si en realidad es una filosofía de teorías (Hacking, 1996). En este punto, mi trabajo sobre la ampliación de la experiencia, no solo docente, sino para mis estudiantes en relación con la absorción de los gases en el agua, cobra sentido.

Espero que el lector logre notar la relevancia de lo que ocurrió en esta parte final de la experiencia. Cómo el hecho de calentar una gaseosa pudo suscitar tantas ideas valiosas alrededor de la interacción de los gases con los líquidos que permitió que recordaran conceptos de clasificación de la materia, cambios y propiedades químicas y físicas e incluso, cálculos matemáticos para explicar el comportamiento de los gases. Justo a esto me refería con mis intenciones de diseñar experiencias que permitieran concretar algunas ideas antes de la implementación de mi diseño experimental, además de promover el estudio de la naturaleza de los fenómenos, tanto en los estudiantes, como en mí (Østergaard, et al., 2008) que promovieran el acudir a nuestros sentidos para poder participar de ellos y formáramos nuestras propias experiencias.

Esta fue una intervención que me generó reflexiones sobre la forma en la que planteamos las prácticas de laboratorio y que Carrascal et.al. (2006) invita a pensar. En la Experiencia 1, me preocupé por realizar montajes y preguntas orientadoras técnicas que produjeron la timidez y poco acercamiento con al fenómeno. En esta segunda experiencia, con una sola gaseosa, obtuve debates, hipótesis, asociaciones con la vida cotidiana y, sobre todo, evidenciar cómo se transformaron las clasificaciones que se presentaban en lo que ellos decían, demostrando cómo la química adquiere sentido cuando se presenta de forma contextualizada. Por este motivo, centré la atención en lo que el Est. 2 decía. Su insistencia por explicar todo a través del aire, se fue agotando, sintiendo la necesidad de acudir a otros términos adoptados de lo que escuchaba de compañeros, permitiendo evidenciar un lenguaje como actividad social y colectiva (Camargo y Hederich, 2010). Adicionalmente, el proceso de formalización a partir de su experiencia sensible que permite comprender el fenómeno, pero también, a partir de lo experimental, asociar teorías (Malagón, 2012) de solubilidad, factores que las afectan y ecuaciones que intentan explicar el comportamiento de los gases. Logré dar cuenta de la transitividad de sus nociones, desde la concepción de vacío, hasta comprender que en la gaseosa había un soluto y

- El vacío resuelve
- El solv... y el solu...
- Tipos de aires
- Influencia de la temperatura y presión
- Lo que sea que haga el gas
- Recordando...
- Todo reacciona con todo
- Asociaciones con la vida cotidiana

solvente que estaba relacionado con la formación de un burbujeo. Además, de vincular sus hipótesis con su vida cotidiana cuando hace uso de una máquina gasificadora.

Concluyo esta Experiencia 2, notando que los resultados superaron mis intenciones iniciales. Además, se introdujeron ideas que se desarrollarán en la Experiencia 3, relacionadas con la posibilidad de solubilizar un gas en líquidos, difusión de los gases y el efecto de la temperatura y presión en las soluciones gas-líquido. Mientras diseñaba las experiencias, pensaba en la importancia de que llevar al estudiante a cuestionarse sobre el fenómeno de estudio, para que mi diseño experimental tuviera un sentido que les ayudaría a resolver y generar cuestionamientos, lo cual, considero que se logró.

5.5.3. Experiencia 3. Efectos de la temperatura y la presión en soluciones gas-líquido.

Esta experiencia está dividida en dos montajes, por medio de los cuales, espero que los estudiantes logren hacer uso de sus sentidos para dar cuenta de que los gases son diferentes en términos de sus densidades y difusión, lo cual, podrá notarse por el color característico del óxido nitroso, en comparación con el dióxido de carbono. Por otro lado, se hará la introducción al uso del diseño experimental, tal y como yo lo hice para comprobar su funcionamiento, empleando el dióxido de carbono en diferentes cantidades para dar cuenta de los efectos de la presión y la temperatura en las soluciones gas-líquido. (Ver Anexo 4)

5.5.3.1. Montaje 1. Comparación entre el dióxido de carbono y el óxido nitroso.

Mi intención con esta experiencia era comparar el dióxido de carbono con el óxido nitroso, en términos de su difusión y densidad. Lo cual, permitiría que los estudiantes empezaran a reconocer la diversidad de sustancias en fase gas y de las propiedades que los identifican, según su naturaleza.

Luego de la Experiencia 2, para los estudiantes fue más sencillo formular explicaciones sobre sus observaciones. Primero, llevamos a cabo la producción de dióxido de carbono en un Erlenmeyer con corcho, el cual, se soltó del envase.

Al estar más relacionados con este gas, fácilmente afirmaron que la efervescencia se producía por la [reacción entre el vinagre y el bicarbonato de sodio \(Est. 3\)](#). Sin embargo, al notar que el corcho se desprendía con fuerza, el Est. 5 afirma: La presión es un producto de reacción. Después de que esto sucedió, volvimos a tapar el Erlenmeyer con el corcho y pregunté ¿Será que aún hay gas al interior del envase? El Est. 1 dice: o sea no hay suficiente dióxido de carbono para que la presión del corcho salga a volar, pero sí debe haber porque sigue sonando (aún acuden al sonido para dar cuenta de la presencia del gas). Pero, entonces, ¿qué pasó con el gas? Est. 2 [Pues se mezcla con toda la composición del aire, y se difunde.](#)

¿Existe algún gas con color?

- Est. 5 No
- [Est. 1 Sí, por ejemplo, como atmósferas de otros planetas tienen colores tan bonitos. O sea, por ejemplo, la de Venus es toda verde.](#)
- Est. 2 Yo creo que no. Yo: ¿Tú crees que todos los gases son incoloros? Est. 2 Sí. Yo: ¿Y en términos de su olor? Est. 2 [Sí, claro. Ahora sí, el metano. El metano en la estufita tiene un olor.](#)

Procedí a mostrar el vídeo en donde yo produzco el óxido nitroso (el vídeo se puede encontrar en la Tabla 7, apartado 5.4. Diseño de la experiencia en el aula), entonces observan lo siguiente (Ver Fotografía 20):



Fotografía 19 Producción del Óxido Nitroso. Experiencia 3. Montaje 1. Elaboración propia.

¿A qué se deben las diferentes coloraciones?

Se va poniendo transparente en la parte de arriba. Porque empieza a tener más contacto con el aire, ¿no? Y se va.

¿Qué va a pasar cuando en 30 minutos?

Te queda todo el líquido. Te queda todo el líquido abajo y ya.

En cuanto a las conclusiones que los estudiantes dijeron sobre estos gases: **Que sí tienen color. Que tienen diferentes densidades. Y qué además la difusión es distinta.**

Decidí utilizar el óxido nitroso dentro de las experiencias, para empezar a diferenciar unos gases de otros. En el caso del oxígeno y el dióxido de carbono, era difícil de reconocer por medio de la experiencia sensible debido a su carácter incoloro e inodoro. Sin embargo, con el óxido nitroso, los estudiantes podrían comparar su fuerte color naranja, con el apenas burbujeo del dióxido de carbono. Más allá de la descripción cualitativa de los gases en términos de su olor o color, esto pudo inducir ideas de densidades y difusiones en relación con las masas de los gases, que va en relación con mis intenciones con este montaje.

Los estudiantes pudieron notar las diferencias entre estos dos gases, acudiendo a explicaciones sobre difusión, densidad e incluso, olor, al relacionar con otro gas más conocido para ellos, como el metano, y el color, con las atmósferas de otros planetas. Se deja de lado la idea de “pérdida de gas” para incluir la “difusión en el aire”, rescatando la conservación de la masa en las interacciones de estas sustancias. Además, la inclusión de la presión en sus análisis cuando el corcho se suelta del Erlenmeyer, adjudicándole este comportamiento a la presión interna del gas en el recipiente, más que ser un “producto de reacción”.

A partir de este momento, considero que se han hecho las precisiones y reflexiones necesarias para dar comienzo a la implementación de mi diseño experimental para la absorción de los gases en el agua.

5.5.3.2. Montaje 2. Absorción del dióxido de carbono.

Se hará la introducción al diseño experimental que realicé. Sin embargo, antes de utilizar diferentes gases en solución con el agua, recordé mi proceso de elaboración del montaje, pues para mí era importante, primero, verificar que el gas realmente se solubilizaba en el agua y cuáles eran las condiciones que necesitaba para que esto ocurriera. Usé únicamente el dióxido de carbono, basada en los resultados de Dalton y Henry, que lo posicionaban como un gas de alta absorción.

En este sentido, decidí que este sería el primer contacto de los estudiantes con lo que diseñé. Es decir, mi intención con el Montaje 2 de la Experiencia 3, era establecer relaciones de proporcionalidad entre la solubilidad del gas y la cantidad inyectada que, además, desarrollaría el estudio de los efectos de la temperatura y la presión.

De este modo, inicio con el montaje para el tratamiento del agua antes de la absorción de los gases (Ver Figura 18).

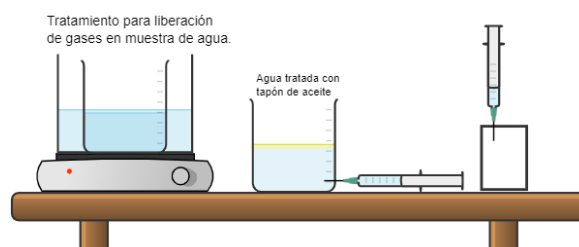


Figura 18 Tratamiento del agua para la absorción de gases. Experiencia 3. Montaje 2. Elaboración propia.

Cometí un error al asumir que los estudiantes sabrían que el agua contiene oxígeno disuelto. Cuando realicé la primera pregunta orientadora: ¿Cuál es el objetivo de calentar el agua hasta punto de ebullición? La cual, tenía como intención analizar el efecto de la temperatura en la solubilidad de los gases en los líquidos y, desde los resultados que obtuve en la Experiencia 2, en términos de las dificultades que se presentaron al pensar que había un gas disuelto en la bebida carbonatada más el desconocimiento de la existencia de oxígeno en el agua, debí suponer que esta pregunta no sería adecuada plantearla.

El Est. 2 dice Ok, estoy haciendo como una esterilización, pero haciendo referencia a remover suciedades para potabilizar el agua, en relación con su experiencia cotidiana de hervir el agua para consumo, pero no a la liberación de un gas disuelto. Dado este suceso, yo debía repensar las preguntas que haría para lograr guiar la discusión hacia mis intenciones con la pregunta inicial, así que opté por preguntar: ¿Cómo respiran los peces? Pero recibí respuestas confusas.

Dadas las dificultades que se presentaron, procedí a dar la explicación del tratamiento del agua, lo cual, me remitió a Rondón (2020) y lo oportuno de su trabajo al hacer énfasis en construir experiencias alrededor del reconocimiento del oxígeno disuelto en el agua y su relación con aspectos fisicoquímicos con los ambientales.

Tuve que hacer una modificación al proceso de mi diseño, debido a que el laboratorio no contaba con estufas ni planchas de calentamiento, únicamente con mecheros, mallas y soportes pequeños que no serían suficientes para sostener la jarra con la adaptación de la válvula. Así que utilicé una jarra de calentamiento eléctrica, llevé a ebullición el agua, la transvasé rápidamente a la mía y puse el tapón de aceite. Este proceso que hice entre las jarras podría alterar la temperatura e incluso la intervención del aire en la muestra, por este motivo, realicé un montaje de baño María con un beaker para que, luego de la inyección del agua en las bolsas de suero, ponerlas dentro de éste para mantener la temperatura necesaria. Reconozco que este proceso podría afectar en los valores de absorción de los gases.

Con la segunda pregunta orientadora, que hacía referencia al porqué del tapón de aceite y el Est. 5 dice **Para que la muestra no vuelva a tomar oxígeno**. Yo: ¿De dónde? Est. 5 **¿Del aire?** (reconocimiento de que el aire es una mezcla de gases, en donde el agua podría absorber algunos gases en diferentes proporciones).

Antes de iniciar la inyección del gas en las bolsas de suero (Ver Figura 19), pregunté: ¿Qué suponen que le sucederá al gas luego de la inyección? Donde el Est 3 dice **Se diluye en el agua, ¿no?** Yo: Y si se solubilizó y yo extraigo esta porción de gas que sobró, ¿qué esperarías de ese volumen extraído, que sea menor, mayor o igual al inyectado? Est. 3 **Menor, debería ser menor porque solo tienes una porción de volumen abajo** (haciendo referencia al líquido).

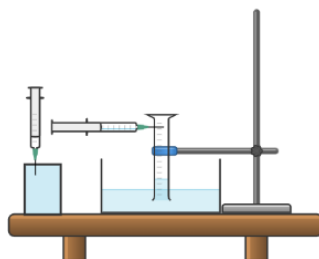


Figura 19 Inyección y extracción de gases. Experiencia 3. Montaje 2. Elaboración propia.

Realizamos la inyección de 5, 10 y 20 mL de dióxido de carbono, cada volumen en una bolsa diferente. Al extraer las cantidades de gas no absorbido, obtuvimos los siguientes valores (Ver Fotografía 21):

5 Complete la tabla.

V inyectado	V extraído
5 ml	0,2 ml
10 ml	0,3 ml
20 ml	0,5 ml

Fotografía 20 Tabla de resultados de absorciones de dióxido de carbono en el agua, realizado por el Est. 2. Experiencia 3. Montaje 2. Elaboración propia.

Al preguntar a los estudiantes sobre los valores obtenidos en los volúmenes extraídos, el Est. 5 dice Porque el aumento de la presión dentro de la bolsa permitió que se disolviera más, pues a mayor presión, pues mayor solubilidad de gas.

Esta Experiencia 3 fue un total reto para mí, tuve varias dificultades con el diseño experimental que produjeron tensiones en el aula. Como profesores, es de nuestro conocimiento lo valioso que es el tiempo de clase y, cuando se presentan estas situaciones, contamos con un temor de no lograr terminar las actividades para cumplir nuestros objetivos propuestos.

Pese a las múltiples pruebas que le hice al diseño experimental, justo ese día, por el mal uso de las agujas al inyectarse en la válvula, esta se soltó y toda el agua tratada se regó.

Adicionalmente, la válvula de la probeta también tuvo fallas que no había notado antes por la forma en la que hacía el montaje. Siempre que efectuaba el proceso, tenía las pinzas para balón necesarias para mantener la probeta suspendida; en el colegio tenía unas pinzas muy grandes, así que traté de

dejarla colgada sosteniéndose de la válvula, pero al parecer la válvula no estaba bien asegurada y el aire ingresaba por allí, por este motivo, tuve que mantener en pie la probeta sobre la cubeta de agua moverla con la mano cuando debía ingresar el gas.

Este primer acercamiento de los estudiantes con mi diseño experimental me llevó a pensar en aspectos que no había considerado, sobre todo en términos de la seguridad de ellos con el manejo de las agujas en las jeringas. Pude notar que hacían movimientos bruscos que conllevaron a la perforación de una de las bolsas de suero.

Sí, como seguramente el lector lo estará pensando, todo lo que tenía que salir mal, salió mal. Pero esta es la realidad al interior de los laboratorios a nivel escolar e incluso, universitario, lo importante, es la forma en la que logramos resolver estas dificultades emergentes.

Todo el diseño experimental era nuevo para ellos, como si estuvieran manipulando un material de laboratorio por primera vez así que requiere una contextualización sobre su método de uso, lo cual, considero que me hizo falta profundizar, sobre todo, en la precaución que se debía tener con las agujas en el momento de la inyección y extracción del agua y los gases que empleamos. Las jeringas y agujas deben posicionarse a 90° del instrumento para evitar perforaciones en las bolsas o afectaciones en las válvulas. La interferencia del aire es lo que más se debe evitar, por este motivo, es que el diseño tiene algunos pasos engorrosos, pero que aseguran que se minimice el ingreso de aire.

El baño María que realicé en el beaker, fue fundamental para poner las bolsas de suero y evitar que la temperatura del agua descendiera más de lo esperado, mientras hacía la producción del gas o solucionaba las dificultades que se presentaron *in situ*.

De todas las pruebas que he realizado con mi diseño experimental, he podido concluir que nunca sé cómo resultará. La absorción tiene diversos factores que pueden alterarse fácilmente, por tanto, al notar tantos errores en el proceso, tenía la incertidumbre de que funcionara y poder dar cuenta del fenómeno. Sin embargo, sí se logró evidenciar y establecer las relaciones de proporcionalidad entre el volumen de gas inyectado con la presión ejercida dentro de la bolsa. Si recordamos la Tabla 1 (Capítulo V: Desarrollo, apartado 5.1.) que realicé para interpretar los datos que Dalton obtuvo, podremos notar que estábamos analizando las relaciones entre los volúmenes inyectados y extraídos con las presiones del gas disuelto en el agua (P_{gD}) y la presión del gas sobre la superficie (P_{gS}) (Ver Tabla 5, Capítulo V, apartado 5.3.4.), las cuales, nos permitirán direccionarnos hacia la organización de diferentes gases con respecto a una sustancia que será la unidad de referencia.

5.5.4. Experiencia 4. Solubilidad de los gases en el agua.

Luego de dar cuenta de la posibilidad de solubilizar un gas en el agua, mi intención con esta Experiencia 4, era introducir la absorción del oxígeno y del hidrógeno, para dar cuenta de las diferentes proporciones de solubilidad en relación con la naturaleza de la sustancia. Elegí estos tres gases debido a su facilidad de producción, sea de forma casera o con reactivos analíticos, ya que no siempre tuve el acceso a estas sustancias en el laboratorio, sino que la mayoría de las pruebas las realicé desde casa. (Ver Anexo 5)

Previo a la inyección de los gases, pregunté a los estudiantes sobre el resultado esperado al inyectar tres gases diferentes: ¿Será que voy a ver lo mismo? Est. 1 No, no sé. ¿O sí? Yo: ¿Será que el oxígeno se solubiliza igual que el dióxido de carbono? Est. 5 Sí. Est. 3 Como son diferentes composiciones, tendrán diferentes presiones, ¿no?

Luego de la inyección de los gases, logramos obtener los siguientes volúmenes (Ver Tabla 11):

- El vacío resuelve
- El solv... y el solu...
- Tipos de aires
- Influencia de la temperatura y presión
- Lo que sea que haga el gas
- Recordando...
- Todo reacciona con todo
- Asociaciones con la vida cotidiana

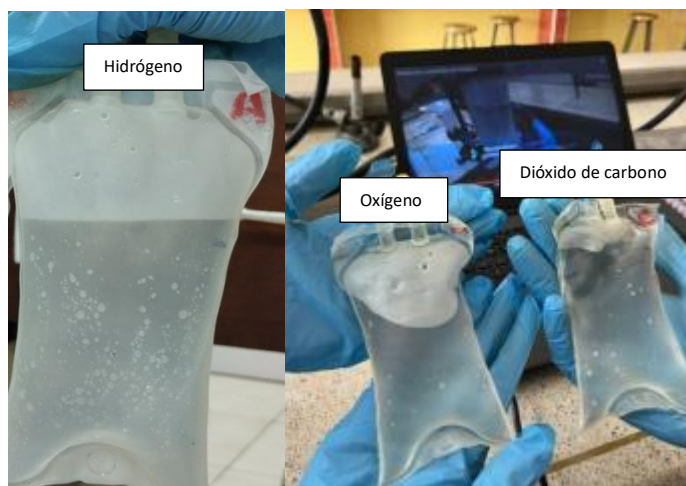
Gas	V _{inyectado}	V _{extraído}	V _{absorbido}
Dióxido de carbono	20 mL	0,5 mL	19,5 mL
Oxígeno	20 mL	17 mL	3 mL
Hidrógeno	20 mL	18,9 mL	1,1 mL

Tabla 11 Resultados de absorción de los gases. Experiencia 4. Elaboración propia.

Luego de la absorción del oxígeno, los estudiantes reflexionan: Est. 2 Que el oxígeno no se mezcla, diluye, o lo que sea que le pase al oxígeno, tan fácil como el dióxido de carbono.

Est. 5 ¿Y entonces cómo respiran los peces, si casi no se solubiliza el oxígeno? Con esta pregunta, recordé un texto que referencíé en mis antecedentes y que, en realidad, desde mi diseño experimental, no le había dado mayor relevancia. Baaliña (1997) realizó un estudio sobre las condiciones que afectaban la solubilidad el SO₂ en el agua de mar y, dentro de sus análisis, se dio cuenta que la salinidad de esta fuente acuífera beneficiaba la solubilidad de los gases. Dalton y Henry nunca mencionaron dentro de sus memorias el tipo de agua que utilizaban, si bien describían el tratamiento, nunca hacían alguna aclaración sobre los iones disueltos. Esto desviaría un poco la atención entre la solubilidad de los gases en líquidos, por este motivo, tampoco profundizaré sobre ello. Este dato es útil, ya que yo creía que el agua desionizada podría ser mejor para notar las absorciones de los gases, pero en realidad, cuando lo realicé en el laboratorio de química de la Universidad Pedagógica, me di cuenta de que las absorciones eran casi nulas, incluso en el dióxido de carbono. En este sentido, la mejor opción era tomar muestras de agua del grifo y hacer el tratamiento de liberación de gases, como Dalton, Henry y mi diseño experimental, lo proponen.

Sobre el hidrógeno los estudiantes logran notar (Ver Fotografía 22): Est. 1 No, es que no cambia. Est. 5 Si hay una absorción, pero es muy pequeña. Est. 2 Es muy poquito lo que se logra absorber.



Fotografía 21 Bolsas de suero con la absorción de los gases. Experiencia 4. Elaboración propia.

Finalmente, los estudiantes debían organizar los gases según ellos consideraran y definiendo un parámetro para ello. En los resultados, el Est. 4 estableció una organización por medio de pesos atómicos tomados de la Tabla Periódica (Ver Fotografía 23), diferente a la de sus demás compañeros, quienes lo hicieron por medio de las absorciones que evidenciaron.

Organización de gases
mayor peso a menor peso
→ los de mayor peso

Gas	Masa mol
Dióxido de carb.	44 g/mol
Oxígeno	15,9994
Hidrógeno	1,007

Fotografía 22 Organización de sustancias por el Est. 4. Experiencia 4. Elaboración propia.

En cuanto a esta respuesta del Est. 4, infiero que existe una resistencia frente a las experiencias que diseñé e implementé, pues otorga mayor credibilidad y confianza a los datos ya contemplados en la Tabla Periódica, organizados por otros métodos que no tienen relación con lo que ejecutamos en el laboratorio. Pese a ello, el resultado es interesante debido a que me permite confirmar una suposición que planteé en la Experiencia 1, Montaje 2, en relación con la composición que los estudiantes asumían del oxígeno y el hidrógeno en cuanto a su carácter diatómico. Para el Est. 4, estos gases son monoatómicos, igual que para Dalton lo era (Ver Tabla 2. Capítulo V, apartado 5.1.), ya que tiene en cuenta el peso de un átomo de oxígeno e hidrógeno, no de dos.

Por otro lado, los demás estudiantes coincidieron con la organización de las sustancias por medio de sus absorciones en el agua, ubicando al dióxido de carbono en primer lugar, mientras que el hidrógeno está de último con la menor absorción (Ver Fotografía 24).

2. (CO_2) : Gas con mayor solubilidad en agua, lo que significa que el volumen extraído es menor en comparación con el impactado, debido a su capacidad de disolverse en el líquido.

(O_2) : Gas con solubilidad intermedia, se disuelve en el agua en menor cantidad que el dióxido de carbono, pero más que el hidrógeno. El volumen extraído es cercano al impactado, pero no igual.

(H_2) : Gas con la menor solubilidad en agua; prácticamente no se disuelve, por lo que el volumen extraído es casi idéntico al volumen impactado.

Fotografía 23 Organización de sustancias del Est. 5. Experiencia 4. Elaboración propia.

Con la implementación de mi diseño experimental, no quisiera que se asumiera que estos resultados siempre se darán en las mismas proporciones, ya que, como he mostrado, todo dependerá de las condiciones, procesos y buenas prácticas al hacer el tratamiento del agua y el control de las variables como la presión y la temperatura, las cuales, debemos reconocer que no son fáciles de lograr cuando estamos trabajando con estudiantes al interior del aula, ya sea por la disponibilidad del material, reactivos o, simplemente, por dinámicas sociales que ocurren allí.

Dalton afirmaba que los volúmenes de absorción que él establecía, siempre se darían en las mismas proporciones. Al principio, hice una interpretación incorrecta, pues esperaba obtener exactamente los datos que él obtuvo, sin embargo, lo que en realidad quería decir es que, puede que obtengamos datos de absorción distintos, pero el dióxido de carbono continuaría siendo de mayor absorción que el oxígeno, y la de éste, será mayor que la del hidrógeno.

Esta Experiencia 4, me permitió priorizar las interpretaciones de los datos obtenidos *in situ*, más allá de comprobar lo que Dalton hizo, sino en realidad, concentrarme en lo que pude realizar con mis estudiantes y mi propio diseño experimental, mientras cumplía las intenciones iniciales de la Experiencia, en términos de que se pudieran diferenciar y organizar las absorciones de los gases en el agua y que, efectivamente, como el Est. 4 interpretó, tiene que ver con sus masas atómicas, parámetro que Dalton también notó estableciendo que los gases con mayor peso en sus partículas últimas, tendrían mayor absorción que aquellos que son livianos (1803, p.286).

5.5.5. Experiencia 5. Determinación de densidades relativas a partir de sus absorciones en el agua.

En el transcurso de las Experiencias pasadas, tuve que realizar una modificación a esta última debido a las condiciones que tenía en el laboratorio del colegio. Decidí que dividiría esta experiencia en dos partes, pero reitero, dado mi contexto.

La intención con esta Experiencia 5, era que los estudiantes logaran determinar las densidades de los gases absorbidos en el agua y, de este modo, determinar las masas relativas. Sin embargo, en el colegio no tengo acceso a picnómetros ni a balanzas analíticas que me permitan medir, así que di cierre a la implementación de mi estrategia didáctica con la Parte 1. (Ver Anexo 6)

5.5.5.1. Parte 1. Escritura de memorias.

A modo de cierre, mi intención era que los estudiantes pudieran escribir un texto a modo de memorias, en donde pudiera ser evidente su organización del fenómeno de absorción de los gases en el agua. Para ello, propuse la lectura de la memoria de Dalton, y así, poder relacionar sus experiencias con las de él en 1803, tal y como yo lo hice para mi construcción fenomenológica y diseño experimental. Este proceso escritural, permitirá que los estudiantes desarrollen habilidades comunicativas que los atributos del Bachillerato Internacional y las Prácticas de Laboratorio como Investigación promueven.

Este escrito me permitió dar cuenta de las conclusiones y reflexiones a las que los estudiantes lograron llegar después de las cinco experiencias, he seleccionado algunos párrafos o afirmaciones que consideré interesantes para analizar en esta sistematización:

Referenciando la Experiencia 1, el Est. 1 dice: “Lo que me impactó de esta experiencia fue cómo cambios pequeños en la cantidad de reactivos podían influir de manera notable en los resultados (...) Además, pude visualizar de manera concreta la relación entre la cantidad de reactivo y el producto obtenido (...)” Esta afirmación resalta que el estudiante logró relacionar lo observado en la Experiencia 1, Montaje 1, con conceptos previos de estequiometría. Me parece relevante, aunque no sea del todo relacionado con el objetivo de mi trabajo en términos de la solubilidad de los gases en el agua.

Sobre la Experiencia 2, extraje lo siguiente: Est. 2: “Me sorprendió cómo este simple acto de agitar y abrir la botella podía afectar tanto la presión interna como la cantidad de gas liberado. Además, el sabor de la bebida cambió notablemente: se sentía menos burbujeante y más suave, lo que me llevó a pensar en cómo la pérdida de dióxido de carbono disuelto afecta la textura y el sabor”. Finalmente, el Est. 2 logra interpretar que la sustancia que participaba en la bebida carbonatada era el dióxido de carbono, el cual otorgaba la textura que cambiaba con la agitación y la liberación del gas, no era un “aire”, “vacío” o producto de una reacción química con el aire.

Est. 3 “lo primero que notamos fue el sonido que generaba la gaseosa al quitar la tapa que era bastante airoso y daba la apariencia de liberar alguna clase de presión lo que genero dudas como de donde viene el sonido de la botella o si se puede evitar este sonido, que se transformaron en hipótesis como el pensar que el sonido generado por la botella en realidad era el gas a presión que poco a poco se liberaba de la botella desapareciendo en el aire”. En esta afirmación, llama mi atención el uso del término “presión” y sus efectos. Durante las experiencias noté que pensaban esta propiedad como un producto de reacción o una “liberación”, considero que es una idea sustancialista, como lo que se podía pensar del calor o el fuego, por tanto, sería interesante poder desarrollar investigaciones alrededor de ello para poder generar acercamientos a los efectos de la presión y su historia.

Est. 2 “podimos concluir que el dióxido de carbono es el **gas disuelto en la bebida** carbonatada que **al abrir la botella se libera** y hace contacto **con el aire**” Esta afirmación es fundamental, ya que refleja los resultados que esperaba por parte de los estudiantes por medio de la Experiencia 2, puesto que se lograban las nociones de solubilidad de los gases en los líquidos, además de dar cuenta de la difusión del dióxido de carbono en el aire al liberarse.

Est. 1 “nos llevó a la conclusión de que la importancia de hervir el agua es evitar la presencia de **oxígeno disuelto en el agua**” Pese a que reconozco que el oxígeno no es el único gas que está disuelto en el agua, para mí es fundamental que los estudiantes ya tengan en cuenta que este líquido no es únicamente H₂O, como se suele pensar, acudiendo a los lenguajes representativos (Camargo y Hederich, 2010), sino que hay más sustancias participantes y que, una de ellas, es un gas, el cual puede ser liberado por medio del aumento de la temperatura.

Las siguientes afirmaciones que presento desde la clasificación de “El solv... y el solu...”, considero que son dos conclusiones que pueden sintetizar los resultados esperados con las Experiencias 4 y 5, en términos de los factores que afectan la solubilidad de los gases en el agua, puesto que tienen en cuenta las cantidades de gas inyectados, en relación con la presión que ejerce sobre la superficie del líquido, produciendo una relación proporcional. A mayor cantidad de gas, mayor presión, por tanto, mayor solubilidad, lo cual, permite la formalización de sus saberes y formas de hablar del fenómeno, ya que logran organizar sus experiencias y teorizar el experimento, evitando caer en relativismos extremos (Marín y García, 2013).

Est. 5 “que al inyectar el doble del dióxido de carbono lo más lógico sería extraer el doble de cantidad de porcentaje insolubilizado, sin embargo al realizar el experimento notamos que a pesar de inyectar el doble de mililitros de dióxido de carbono el porcentaje de gas insolubilizado aumentaba muy poco (solo 0.1) lo que sucede gracias a diferentes factores que afectan la solubilidad del gas como la temperatura o la presión, por lo que al tener una mayor presión al inyectar más dióxido de carbono la solubilidad de este aumentaba disolviéndose casi en su totalidad”

Est. 4 “(...)descarto la hipótesis de que todos los gases se solubilizan de la misma manera y nos ayudó a concluir que debido a la complejidad de su composición y a su densidad la solubilidad de los gases se puede ver alterada dando una mayor solubilidad como en el caso del CO₂ o dióxido de carbono al ser más complejo y denso, o una menor o mínima solubilidad como en el caso del oxígeno O₂ e hidrogeno H₂ que cuentan con una composición más simple y por ende tienen una densidad menor que altera directamente el nivel de solubilidad de estos”

Específicamente de esta última afirmación del Est. 4, considero relevante cómo logra relacionar las densidades y composiciones de los gases para poder relacionar sus solubilidades, lo cual, da cuenta de su siguiente afirmación Est. 4 “Me ayudó a entender de manera práctica el concepto de presión de gases y **solubilidad**, dos principios que había visto anteriormente de manera teórica”. Me permite notar cómo, el priorizar la interacción con los fenómenos antes de las teorías o conceptos (Furman, 2008) suscita que los estudiantes reciban las experiencias de forma distinta, fomentando la construcción de explicaciones a partir de los diseños y control de los experimentos (Marín y García, 2013) ampliando su experiencia.

Finalmente, encuentro algunas preguntas y conclusiones en sus escritos que dan cuenta de cómo estas experiencias lograron la transformación de su conciencia sobre el fenómeno, además del reconocimiento de la influencia de los estudios históricos en los desarrollos científicos y saberes que

reciben en el aula: Est. 1 “aunque trabajamos con conocimientos modernos, muchos de estos se basan en descubrimientos antiguos que siguen siendo relevantes hoy (...) Aunque ya había aprendido sobre Dalton en clase, esta experiencia me permitió conectar lo que había observado en los experimentos anteriores con los principios más fundamentales de la química”.

Sobre la lectura de Dalton el Est. 2 afirma: “Dalton demostró que los gases no se disuelven en líquidos por simple interacción química, sino que la cantidad de gas absorbido estaba relacionada con la presión ejercida por el gas sobre la superficie del líquido”, además, la lectura le suscita una pregunta muy interesante que está relacionada también con su proceso de desarrollo conceptual en el paso de la intervención, recordemos que, durante la Experiencia 2, insistía en que el gas al interior de la bebida carbonatada reaccionaba con el aire para formar burbujas, así que se cuestiona: Est. 2 “¿qué sucede cuando hay una reacción química entre el gas y el líquido?”. Este fue un aspecto en el cual decidí no profundizar sobre las sesiones, para evitar elementos distractores sobre mis intenciones con cada una de las experiencias. Sin embargo, si se tuvo en cuenta durante la Experiencia 1, Montaje 2, reconociendo que, por ejemplo, el dióxido de carbono no solo tiene una interacción física, sino también química con el agua, pero que la pasamos por alto en las Experiencias 3 y 4. Lo anterior, debido a que las interacciones químicas no eran parte de mis intenciones, ya que como mencioné, generarían elementos distractores que me alejarían de mis objetivos.

Del mismo modo, otro factor que no tuve en cuenta por distancia con mis intenciones fue la pregunta que el Est. 5 se plantea: “cómo cambiaría la solubilidad de los gases en líquidos diferentes al agua, como alcoholes o soluciones ácidas” y que se podría tener en cuenta para futuras investigaciones que continúen ampliando la experiencia sobre las soluciones gas-líquido, pero me resulta interesante, ya que da cuenta de cómo el fenómeno puede seguir cambiando con nuestra conciencia sobre él (Malagón et.al., 2013) y cómo las preguntas pueden seguirse formulando.

Para finalizar, resalto cómo la clasificación de “El vacío resuelve” desapareció dentro de sus explicaciones finales; “Tipos de aires”, solo estuvo presente una vez; y “Todo reacciona con todo” aparece únicamente para realizar aclaraciones de que “No todo reacciona con todo”, que considero valioso. Por los colores, es evidente que sus formas de hablar se han transformado para dar cuenta de la solubilidad de los gases, influencias de la temperatura, la presión y que el gas existe y que podemos notar sus acciones. Mis intenciones con esta Experiencia 5, Parte 1, se cumplen, ya que fue una forma apropiada para cerrar la intervención didáctica y la sistematización de ella; así, dar paso a las reflexiones finales

Capítulo VI: Reflexiones finales

Con este capítulo, culmino la Fase Final de la investigación; está dividido en tres partes, las cuales, abarcarán aspectos generales y específicos que darán respuesta a los objetivos y la pregunta problema, propuestos en el Capítulo II: Contexto Problemático.

Primero, presentaré las reflexiones sobre el análisis de las fuentes primarias. Segundo, el diseño experimental. Tercero, el diseño, implementación y sistematización de la intervención en el aula. Cuarto, y respondiendo a la pregunta problema que orientó este trabajo, la ampliación de la experiencia docente por medio de la construcción fenomenológica de la absorción de los gases en el agua.

6.1. Reflexiones sobre el análisis e interpretación de fuentes primarias.

El análisis e interpretación de fuentes primarias, fue uno de los procesos que tomó mayor tiempo, junto con la consolidación del diseño experimental, pero que permitió el desarrollo de los componentes disciplinares, pedagógico y ampliación de la experiencia, puesto que requería posicionarme en la época de 1800 para tener una perspectiva clara sobre lo propuesto por Dalton y Henry.

Dalton me ha permitido tener una postura distinta sobre sus desarrollos teóricos y experimentales alrededor, no solo del estudio de los gases, sino también de su modelo atómico, el cual, logré recontextualizar al comprender cómo logra diferenciar las sustancias por medio de sus absorciones en el agua. Seguramente, estos estudios tendrán antecedentes de otros científicos de la época que, incluso, con la lectura de Henry, se puede entrever cómo se dan las discusiones al interior de las comunidades científicas.

Para mí, fue relevante la interpretación que logré hacer, en términos de las presiones, las densidades y las masas de los gases. Dalton no presentaba ningún desarrollo sobre ello en su memoria, por lo que requirió de la vinculación del componente disciplinar que tengo previamente de mi formación como licenciada en química para poder profundizar sobre ello.

El trabajo de Henry, por otro lado, brindó elementos fundamentales para el diseño experimental. Su nivel de detalle en las descripciones de su montaje me permitió establecer nuevas relaciones para el control de variables, mediciones y tratamientos de las muestras para lograr la absorción de los gases en el agua.

El estudio histórico-crítico, definitivamente provee elementos de ampliación de la experiencia docente que posibilitaron la propuesta de organización de sustancias por masas relativas a partir de la absorción de gases en el agua y la consolidación del diseño experimental que fomentó este trabajo.

6.2. Reflexiones finales del diseño experimental.

¿Cómo proponer un diseño experimental que aporte a la organización de los gases a partir de sus absorciones en el agua? Fue una de las preguntas que movilizó mi interés por el estudio de este fenómeno, lo cual, desencadenó un largo proceso de ensayo y error hasta lograr consolidar un diseño experimental que, no solo diera cuenta de la absorción de los gases en el agua, sino también que fuera aplicable en el aula de clases, por este motivo, era de importancia utilizar material de fácil adquisición y uso, así como reacciones químicas que se pudieran efectuar con reactivos cotidianos.

Igualmente, el diseño experimental debía permitirme tomar mediciones y establecer relaciones entre ellas para establecer organizaciones de los gases, así que la pregunta de ¿Qué y cómo voy a medir? Era constante, además del control de variables. Vale la pena mencionar y aclarar que este ejercicio está totalmente alejado a una réplica de los trabajos de Dalton y Henry, puesto que, al menos el 90% de lo que realicé, fue netamente una interpretación y organización de mis saberes alrededor de los gases para poder dar cuenta de lo que esperaba y cumplir mis intenciones con el montaje. Cuando logré observar que el agua recuperaba su volumen en contacto con el gas en las bolsas de suero, confirmé que podría lograr la solubilidad de estas sustancias.

Para mí, fue un reto establecer las masas relativas. Las relaciones entre los valores de volúmenes, presiones, densidades y masas, no fue sencilla, ya que conllevaba un ejercicio matemático y de análisis a partir de lo que Dalton mostraba, pero que no era claro. Todo lo expresado en el Capítulo V, apartado 5.3.4., es apenas una aproximación a las formas de proceder para la determinación de masas relativas y la organización de los gases, teniendo en cuenta al hidrógeno como sustancia de referencia, que también está relacionado con mis primeros cuestionamientos contemplados en el Capítulo II: Contexto problemático, en términos de la comprensión de los criterios de organización y la denominación del hidrógeno como unidad.

Reconozco que el diseño puede tener falencias en cuanto al control de variables y algunas mediciones que se pueden obtener, sin embargo, considero que fue un ejercicio totalmente enriquecedor para la ampliación de mi experiencia para lograr construir una perspectiva sobre el fenómeno (Gómez y Moreno, 2018), para consolidar formas de actuar, pensar y hacer en el aula (Malagón et al., 2013), lo cual, quedó expresado en el diseño, implementación y sistematización de la estrategia didáctica.

6.3. Reflexiones finales del diseño, implementación y sistematización de la estrategia didáctica.

En primer lugar, haré referencia al diseño de las experiencias. Este proceso es fundamental para la organización de las intervenciones ya que debíamos definir claramente las intenciones de cada una de las Experiencias, pero también de cada pregunta orientadora que se le iba a proponer al estudiante. Era de interés primordial que los estudiantes priorizaran el uso de sus sentidos y el análisis de los efectos sensibles que evidenciarían con cada experimento, sin embargo, esto debía ser guiado.

El ejemplo más claro sobre ello fue en la Experiencia 2 con la bebida carbonatada. No bastó con la pregunta de “¿Qué contiene la bebida?”, ya que los estudiantes fácilmente se remitirían a la tabla de contenido; el contexto de cada pregunta y el hacer evidente mis intenciones de lo que esperaba que observaran, era fundamental para cumplir los propósitos de cada instrucción.

Para mí, era fundamental que se diseñaran unas Experiencias introductorias, antes de la implementación del diseño experimental. Al reconocer todo el proceso educativo de mis estudiantes, no solo del presente, sino también de años previos, sabía que encontraría dificultades en cuanto al manejo de material de laboratorio y algunos conceptos básicos que eran importantes de aclarar, como lo relacionado con la clasificación de la materia para comprender lo que es una disolución, evitando caer en explicaciones de cambio químico. Por este motivo, las Experiencias 1, 2 y 3, fueron totalmente enriquecedoras para cumplir las intenciones de las Experiencias 4 y 5.

Dentro de los aspectos que giran en torno al diseño, también es relevante pensar en los montajes que son posibles de hacer en el aula y los que no, de este modo, se podrá acudir a otras herramientas como la grabación de vídeos en otros espacios, tal y como se realizó en la Experiencia 3 y 4. Además, soy consciente de las limitaciones para los profesores para ingresar a un laboratorio de química de un colegio para ejecutar algunos procesos que complementarán sus actividades diseñadas, por este

motivo, considero que estos vídeos también servirán de apoyo para futuras implementaciones que se deseen llevar a cabo en diversos contextos educativos.

En esta fase, los enfoques metodológicos que adopté me permitieron diseñar preguntas y experimentos en torno a la formulación de conflictos conceptuales que llevarían a los estudiantes a acudir a diversas explicaciones y usos de su lenguaje. Las Prácticas de Laboratorio como Investigación (Carrascosa, et.al., 2006), los atributos del IB y la construcción fenomenológica (Malagón, et.al., 2013), en un marco de investigación cualitativa, guiaron mis Experiencias hacia la omisión de operativismos, en donde los instrumentos permitían flexibilidad para la formulación de hipótesis, cuestionamientos y análisis guiados que promovieron la formación de estudiantes indagadores, pensadores, reflexivos, comunicadores y propositivos, logrando vincular elementos de sus vidas cotidianas que les permitirían pensar en ciencias, organizando sus saberes hacia la comprensión del fenómeno.

En segundo lugar, la implementación. Si pudiera definir esta fase, en una palabra, sería: inesperado. Es un proceso diverso que reta constantemente al profesor, le obliga a buscar estrategias y resolver inmediatamente las limitaciones o dificultades que ocurren al interior del aula y que, efectivamente, son inesperadas.

Tuve varias dificultades con la implementación de mis experiencias, las cuales, me permitieron dar cuenta de aspectos a mejorar en el diseño, no solo de la estrategia didáctica, sino también de mi experimento. Recomiendo que se priorice algún experimento relacionado con la cotidianidad de los estudiantes, sobre todo, cuando se trabaja con una población como la mía, la cual, no estaba familiarizada con el material de laboratorio, ni el manejo de sustancias para efectuar reacciones químicas, por tanto, una actividad cercana a ellos podría producir mayor interés desde el principio de la intervención.

Por otro lado, si se desea implementar mi diseño experimental, se deben tener en cuenta tres aspectos:

1. Precaución con el uso de las jeringas y las agujas. No recomiendo que este montaje se implemente con estudiantes de grados inferiores, ya que la probabilidad de accidentes podría aumentar. Así mismo, brindar una orientación previa que permita que el estudiante posicione de la forma correcta la aguja y la jeringa, de este modo, se evitaría la perforación de las bolsas de suero o el desgaste de las válvulas. No son procesos que se deban hacer de forma apresurada.
2. El tratamiento e inyección del agua. Este es el proceso que requiere de mayor tiempo, por tanto, recomiendo que se priorice, así el tiempo en el aula se aprovecha mejor. Mientras el agua llega a ebullición, se pueden ir efectuando las reacciones de producción de los gases. Cuando se haga uso de la jarra con la válvula, calcular cuánta agua se necesitará para el proceso, de tal manera que, por ejemplo, si se esperan usar 500 mL, entonces añadir 700 mL a la jarra. Lo anterior, tiene como objetivo que, mientras se hace la extracción del agua tratada, se evite al máximo tomar porciones que queden cercanas al tapón de aceite, ya que este pudo haber contaminado la muestra.
3. Burbujas de interferencia. Dependiendo de la jeringa que utilice, es probable encontrar burbujas dentro de ella; posicónela con la aguja hacia arriba y, poco a poco, empuje el émbolo para permitir que se libere. Del mismo modo en las bolsas de suero; posicónela con la válvula hacia arriba, ingrese la aguja, suba el émbolo y podrá extraerla.

4. Agitación. Si bien la agitación es importante, no recomiendo que se haga de una forma muy fuerte ni repetitiva, ya que esto podría generar el proceso contrario de absorción. Realice una agitación suave recién ejecute la inyección del gas. Luego, deje la bolsa en reposo y observe.
5. Reutilización del material. Las bolsas, jeringas y todo el material propuesto, puede utilizarse nuevamente. Recomiendo que se haga el seguimiento constante a las adecuaciones y estados de las válvulas, ya que suelen desgastarse y/o despegarse (en el caso de la jarra).

En el caso que se quisiera implementar la Parte 2 de la Experiencia 5, invito al profesor a seguir el proceso realizado en el Capítulo V, apartado 5.3.4., junto con el instrumento diseñado en el Anexo 6. Yo decidí no implementarla debido a que, por cuestiones internas del colegio, no contaba con el tiempo suficiente para ello, además de no tener balanzas analíticas para que los estudiantes pudieran hacer las mediciones necesarias. Considero que, la posibilidad de haber grabado el proceso y que en el aula hiciéramos cálculos operativos, no generaría una ampliación real de la experiencia, por este motivo, tuve que resolver añadiendo una Parte 1 que me permitiría hacer el cierre, vincular con la teoría y dar cuenta de las conclusiones de los estudiantes.

En tercer lugar, la sistematización. Estas reflexiones estarán en correspondencia con el objetivo de la sistematización, relacionado con la ampliación de la experiencia sobre la absorción de los gases, por medio de la recontextualización y organización del fenómeno, además de implementar mi diseño experimental, lo cual, permitió dar cuenta de las formas de hablar, pensar y construir conocimiento científico de los estudiantes. Sin embargo, este objetivo de la sistematización no solamente gira en torno a los estudiantes, sino que también hacia el docente, quien también es actor de la intervención, logrando que los resultados obtenidos hagan parte de su ampliación de la experiencia para la formalización del conocimiento en relación con la construcción fenomenológica.

La denominación de las ocho clasificaciones (Ver Tabla 8) a partir de mi experiencia en el aula, relacionadas con los marcos Pedagógico, Disciplinar y Emergente, me permitieron organizar y analizar los relatos de los estudiantes en relación con los autores que fueron parte de los Capítulos I: Antecedentes, III: Sustento Teórico y IV: Aspectos Metodológicos. Esta sistematización fue un complemento fundamental para la ampliación de mi experiencia en la construcción fenomenológica de la absorción de los gases en el agua.

Las transcripciones de las grabaciones de voz fueron un registro muy valioso, ya que me permitía dar cuenta de las primeras impresiones de los estudiantes frente a cada uno de los experimentos que les presenté. Según Jara (2014) la sistematización puede entenderse como “una forma de organizar la acción humana y las transformaciones derivadas de ella” (p.8), en donde, por ejemplo, con el Est. 2 pude dar cuenta de su progreso en cuanto a las formas de hablar del fenómeno; empezando por una noción de vacío y culminando con el reconocimiento de la existencia del gas, sus comportamientos frente a la temperatura y la presión, así como la vinculación con su vida cotidiana. Considero que el código de color que establecí permitió dar cuenta de ello de una forma más sencilla y amena para el lector y para mí, así como fue evidente en la Experiencia 5, Parte 1, en donde predominaba el color rojo, asociado a la solubilidad de los gases, logrando dar cuenta del objetivo de la sistematización en relación con la ampliación de la experiencia sobre la absorción de los gases en el agua.

La Experiencia 2 fue parte esencial de todo el proceso, me llevó a cuestionarme mi rol dentro del aula y a notar cómo los estudiantes iban dirigiéndose hacia el objetivo de la implementación, preguntándose sobre cómo podrían solubilizar un gas en el agua, tal y como yo lo hice al iniciar este trabajo de investigación (Ver Capítulo II: Contexto Problemático). Igualmente, era interesante cómo

se empezaban presentar cuestionamientos que, incluso Dalton se hacía en 1803, relacionados con la composición de las sustancias en fase gas y su influencia en su solubilidad.

Al finalizar la sistematización con el análisis de las memorias, pude evidenciar algunos aspectos que quedaron inconclusos o que, para el estudiante, no suscitó significado. Por ejemplo, en sus relatos noté la ausencia de la Experiencia 1 - Parte 2 y Experiencia 3 -Parte 1, que también está relacionado con los resultados que obtuve en las transcripciones de las grabaciones.

Todo este proceso de diseño, implementación y sistematización de la estrategia didáctica no solo permite resaltar el trabajo de construcción fenomenológica y ampliación de la experiencia para lograr reducir la brecha entre el fenómeno y sus teorías (Østergaard, et.al., 2008), sino que también, organizar los saberes alrededor de él y poder comprender aquellas afirmaciones que se hacen desde las teorías (Malagón, 2012) y que parecen desarticuladas de los efectos sensibles del experimento y el mundo que rodea al sujeto. Los estudiantes fueron un reflejo de cómo los profesores priorizamos el lenguaje representativo (Camargo y Hederich, 2010) en términos del uso de símbolos para las reacciones químicas y cálculos matemáticos, lo cual, fue evidente cuando el Est. 5 acude a la ecuación de estado para definir un gas, antes de referirse a los experimentos que acababa de realizar. Incluso, yo misma, en la Experiencia 1, Parte 2.

La recolección de mi experiencia implementando mis instrumentos, suscitó en mí, reflexiones de mi construcción discursiva sobre el fenómeno y mis propias formas de hablar de él para explicar y diseñar actividades.

6.4. Reflexiones finales de la ampliación de la experiencia docente, por medio de la construcción fenomenológica.

En este apartado, daré respuesta a la pregunta que orientó esta investigación: ¿Cómo el análisis de fuentes primarias sobre el fenómeno de la absorción de gases en el agua aporta elementos para la construcción fenomenológica y la ampliación la experiencia docente en el proceso de implementación de estrategias didácticas en enseñanza de las ciencias naturales?

Para ello, me remitiré a la Figura 4, *Capítulo IV: Aspectos Metodológicos*, en donde muestro el proceso de construcción fenomenológica. La actividad experimental fue evidente en la consolidación del diseño para la absorción de los gases en el agua, con el fundamento teórico de los referentes bibliográficos actuales e históricos, donde la lectura de las fuentes primarias de Dalton y Henry fueron un elemento determinante para la delimitación del objetivo de estudio, promoviendo la ampliación de mi experiencia permitiendo, además, llevarla al aula con mis estudiantes, dando como resultado, la estrategia didáctica. Debo admitir que, en un principio, dudé en realizar la intervención en el aula, sin embargo, fui consciente de que el sentido del diseño experimental era poder utilizarlo y ponerlo a prueba en condiciones normales, es decir, el aula de clase.

Durante esta implementación todos los actores acudimos a elementos de nuestro lenguaje para organizar explicaciones y dar cuenta de nuestras formas de hablar del fenómeno. Esto abriría la posibilidad de concretar supuestos conceptuales para la formulación de teorías y establecimiento de proporcionalidades entre las medidas logradas que conllevarían a la formalización del conocimiento científico. Las clasificaciones que establecí en la sistematización de las experiencias me permitieron realizar organizaciones importantes que complementarían todo el proceso.

De este modo, considero que el proceder fenomenológico, me permitió adoptar elementos metodológicos para ampliar mi experiencia, los cuales, están centrados en: la lectura de fuentes

primarias y referentes teóricos, la consolidación del diseño experimental y la sistematización de la estrategia didáctica. Por medio de este trabajo, he logrado un proceso de formalización del fenómeno de la absorción de los gases en el agua, el cual, no doy por terminado, dado que considero que mi conciencia sobre éste podría continuar transformándose, notando otras caracterizaciones que podrían ser objeto de estudio en próximas investigaciones. Adicionalmente, el cuestionarme sobre mi propia práctica pedagógica, dándole una importancia mayor a la experiencia sensible que logre acercar a los estudiantes y al docente a la comprensión del mundo que les rodea, así como a pensarse en el rol que tienen en el aula al comprenderla como un sistema de relaciones.

Capítulo VII: Bibliografía

- Aldana, J. (2019). El análisis histórico crítico como eje en la construcción de fenomenologías: acerca de la magnitud cantidad de sustancia y mol. Universidad Pedagógica Nacional.
- Baaliña, A. (1997). Influencia de las condiciones hidrodinámicas en la absorción de SO₂ mediante agua de mar. La Coruña: Universidad de la Coruña.
- Baccalaureate, I. (2019). International Baccalaureate Organization. Obtenido de ibo.org/es
- Battino, R., & Clever, L. (1966). The solubility of gases in liquids. Georgia: Department of Chemistry, Illinois Institute of Technology, Chicago, Illinois.
- Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A., y Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. Cad. Brás. Ens. Fis., 157-181.
- Camargo, A., y Hederich, C. (2010). La relación lenguaje y conocimiento y su aplicación al aprendizaje escolar. Folios. Segunda época, 31, 105-122.
- Dalton, J. (1805). On the absorption of gases by water and liquids. En P. s. Manchester, Memoirs of the literary and philosophical society of Manchester (págs. 271-287). Manchester.
- Díaz, B. (2020). Análisis histórico de las leyes de la conservación de la masa, una contribución a la comprensión de la equivalencia y a la formulación de relaciones estequiométricas en reacciones químicas de neutralización. Universidad Pedagógica Nacional.
- Furman, M. (2008). Ciencias naturales en la escuela primaria: Colocando las piedras fundamentales del pensamiento científico. IV Foro Latinoamericano de Educación, Fundación Santillana.
- Gómez, E., y Moreno, D. (2018). Ampliación de la experiencia: Caracterizando el comportamiento térmico de los cuerpos con estudiantes de grado octavo. Universidad Pedagógica Nacional.
- Gutierrez, K. (2021). ¿Aire o aires? una reflexión sobre el comportamiento químico del aire. Universidad Pedagógica Nacional.
- Hacking, I. (1996). Representar e intervenir. México: Cambridge University Press.
- Henry, W. (1802). Experiments on the Quantity of Gases absorbed by Water, at different Temperatures, and under different Pressures. En R. S. London, Philosophical Transactions of the Royal Society of London (págs. 29-43). London.
- Jaramillo, R. (Ed.). (2014). Sistematización en educación y pedagogía. Universidad de Antioquia. ISBN: 978-958-8848-99-0.
- Larrosa, J. (2006). Sobre la experiencia. Separata Revista Educación y Pedagogía, 43-51.
- Malagón, J. (2012). Teoría y experimento, una relación dinámica: implicaciones en la enseñanza de la física. Revista Física y Cultura. Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias, 95-104.
- Malagón, J., Ayala, M., y Sandoval, S. (2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. En J. Malagón, M. Ayala, & S. Sandoval,

- Construcción de fenomenologías y procesos de formalización (págs. 87-104). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Marín, M., y García, E. (2013). Pensar y actuar en el aula. La construcción de conocimiento a través de la experimentación: El caso de la combustión. En J. Malagón, M. Ayala, & S. Sandoval, Construcción de fenomenologías y procesos de formalización (págs. 57-86). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Østergaard, E., Dahlin, B., & Hugo, A. (2008). Doing phenomenology in science education: A research review. *Studies in Science Education*, 93-121.
- Richard A., Heidi A., & Andrew, W. (2017). Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Committee on Science Learning, Kindergarten through Eighth Grade.
- Rodríguez, G., Gil, J., y García, E. (1996). Tradición y enfoques en la investigación cualitativa. En J. G. Gregorio Rodríguez, *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Málaga: Ed. Aljibe.
- Rondón, D. (2020). Relación entre lo ambiental y lo fisicoquímico. El caso del oxígeno disuelto. Universidad Pedagógica Nacional.
- Ruiz, K., Castillo, C., y Ramírez, E. (2018). Generalidades y aplicaciones del equipo absorción de gases GUNT. Bogotá: EAN Ediciones.
- Sander, R. (2015). Compilation of Henry's law constants (version 4.0) for water as solvent. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 4399–4981.
- Scerri, E. (2006). *The Periodic Table: Its Story And Its Significance*. Estados Unidos de América: Oxford University Press.
- Taber, K. (2011). Building the Structural Concepts of Chemistry: Some Considerations from Educational Research. *Chemistry Education Research and Practice*, 123-158.

Capítulo VIII: Anexos

Anexo 1 Intenciones de las preguntas orientadoras de las Experiencias. Elaboración propia.

Experiencia	Montaje	Pregunta	Intención
Reconocimiento de la existencia de los gases.	Montaje 1	¿Qué relación existe entre el volumen producido de dióxido de carbono a partir de la cantidad de bicarbonato de sodio? Realiza un gráfico de dispersión donde el eje X represente las cantidades de bicarbonato de sodio y el eje Y el volumen de dióxido de carbono producido.	Definir la relación directa entre la cantidad de bicarbonato de sodio (reactivo límite) y el volumen de dióxido de carbono producido, permitiendo identificar una tendencia proporcional.
		Explique cómo se entiende que la cantidad dióxido de carbono producido dependa de la cantidad de bicarbonato de sodio que reacciona.	Identificar el punto donde el reactivo limitante (bicarbonato de sodio) ya no produce un aumento significativo de producto (CO ₂), lo que ayudará a comprender la relación entre reactivo y producto en términos de la ley de conservación de la masa.
	Montaje 2	1. Describa la mezcla que se encuentra en el tubo, previo a añadir la fenolftaleína. 2. Describa la mezcla que se encuentra en el tubo, posterior a añadir la fenolftaleína.	Describir de forma cualitativa, la apariencia de la sustancia antes y después de añadir el indicador para identificar los cambios aparentes antes de la inyección de los gases.
		Complete el siguiente cuadro comparativo con las descripciones solicitadas en él. Preste atención a los cambios ocurridos y reflexione sobre las razones.	Diferenciar los comportamientos y apariencias del oxígeno y del dióxido de carbono en una solución con agua y sus cambios reflejados por medio del indicador.
Explorando las bebidas carbonatadas.	Montaje 1	Preguntas antes de abrir la botella.	Identificar visualmente la presencia de gas disuelto en la bebida carbonatada y que reconocer las diferentes sustancias presentes (líquido, gas) y sus estados de la materia. Esta pregunta busca que los estudiantes reflexionen sobre la composición y las propiedades físicas de la gaseosa antes de realizar cualquier intervención y después de una primera agitación.
		Preguntas durante la apertura de la botella:	Relacionar el sonido producido al abrir la botella con la liberación rápida del gas comprimido. Esta pregunta tiene la intención de que los estudiantes comprendan el vínculo entre presión y sonido, y reflexionen sobre métodos para minimizar el efecto, como abrir la botella lentamente. Adicionalmente, se espera que reconozcan que la efervescencia es una mezcla de gas y líquido, y que reflexionen sobre por qué aparece en la parte superior de la botella, considerando los efectos de la presión.
		Preguntas después de abrir la botella:	Comparar la percepción sensorial (sabor) de la gaseosa en diferentes estados y relacionen la pérdida de gas con el cambio en el sabor. Reconocimiento de la solubilidad de los gases en el líquido Cómo la solubilidad del gas afecta el sabor de la gaseosa Esta pregunta busca que los estudiantes describan cómo la liberación de dióxido de carbono afecta la percepción de la bebida en términos del sabor y la apariencia con la efervescencia.

		Vierta el contenido de la gaseosa en un beaker y llévelo a la plancha de calentamiento. Describa lo sucedido y establezca una relación entre la temperatura y el fenómeno observado.	Se espera que el estudiante de cuenta de la influencia de la temperatura en la liberación de gases en las soluciones con líquidos. Además, de diferenciar las burbujas del CO ₂ , con las formadas por ebullición del líquido.
		Redacte una conclusión en donde logre abarcar los resultados obtenidos con la bebida carbonatada en términos de la efervescencia, sabor, sonido por efecto de la temperatura y agitación.	El estudiante concluirá sobre los efectos sensibles que pudo notar en su interacción con la bebida carbonatada, en términos del sabor, efervescencia, sonido y efecto de la temperatura y agitación.
Efectos de la temperatura y la presión en soluciones gas-líquido.	Montaje 1	Describa el dióxido de carbono y el óxido nitroso en términos de la densidad y la difusión de los gases.	Comparar el óxido nitroso con el dióxido de carbono en términos cualitativos alrededor de la difusión, densidad y color del gas.
		Compare los comportamientos del gas óxido nitroso obtenido en la experiencia del video y el dióxido de carbono obtenido al realizar el montaje.	
	Montaje 2	¿Cuál es el objetivo de calentar el agua hasta punto de ebullición?	Analizar el efecto de la temperatura en la solubilidad de los gases en los líquidos, entendiendo que la solubilidad de un gas disminuye con el aumento de la temperatura del líquido.
		¿Cuál es el objetivo de poner un tapón de aceite?	Proponer hipótesis sobre el uso de aceite como tapón que tiene como función el no permitir el ingreso del aire nuevamente en la muestra de agua tratada, para evitar interferencias.
		¿Cómo varía el volumen de la bolsa cuando realiza la inyección del gas? Describa y marque el punto en donde se evidencia el límite entre el gas y el líquido dentro de la bolsa.	Describir los cambios observados después de la inyección del gas, identificando el aumento de volumen y de la presión en la bolsa. Además, de la influencia de la agitación en las soluciones.
		Después de agitar la bolsa, marque el punto final entre el líquido y el gas dentro de la bolsa. Compare las diferencias que logra notar entre las marcas realizadas. Complete la siguiente tabla con los valores de gas inyectado y extraído. Indique sí coinciden los volúmenes inyectados y extraídos, y explique las razones de dicho hallazgo, teniendo en cuenta la <u>presión en relación con la cantidad de gas inyectado</u> . Redacte 3 conclusiones que podría inferir sobre los volúmenes inyectados y extraídos en relación con los efectos de la temperatura y presión sobre las mismas.	Reflexionar sobre cómo la presión influye en una solución gas-líquido, considerando cómo esta relación se manifiesta cuando se varían las cantidades de gas inyectado. Comparar los volúmenes inyectados y extraídos para dar cuenta de la absorción del gas en el agua. Fomentar que los estudiantes concluyan sobre el impacto de la agitación en la disolución del gas en el líquido, reconociendo cómo este proceso puede aumentar la solubilidad del gas y, por tanto, reducir su volumen visible, en comparación con el del agua.
Solubilidad de los gases en el agua.	Montaje 1	¿Existirá alguna diferencia en sus presiones y solubilidades evidenciados, también, en los volúmenes inyectados y extraídos? Justifique su respuesta y redacte una hipótesis sobre lo que sucederá.	Plantear una hipótesis inicial sobre lo que sucedería al inyectar la misma cantidad de tres gases distintos en una muestra de agua tratada.
		Teniendo en cuenta la hipótesis planteada al principio de la experiencia, compárela con lo sucedido después de efectuar el montaje. ¿Se cumplió? Si/No, ¿Por qué?	Contrastar la hipótesis inicial con los hallazgos experimentales que permitan fomentar la discusión de los resultados obtenidos.
		Establezca una forma de organizar los gases, teniendo en cuenta los resultados obtenidos. Debe definir un parámetro claro de organización.	Proponer una organización de sustancias definiendo un parámetro o referencia, según los resultados obtenidos en la experiencia.
Organización de sustancias en fase gas por masas relativas.	Parte 1	Teniendo en cuenta lo desarrollado a lo largo de las 4 experiencias anteriores, realice un texto de mínimo 1500 y máximo 2500 palabras, fuente Times New Roman, 11. El objetivo de este escrito, es que logre plasmar las relaciones, comparaciones, hipótesis, resultados y cuestionamientos que han podido surgir a lo largo de las sesiones implementadas.	Reflexionar y comunicar las conclusiones, hipótesis, y resultados que se han presentado a lo largo de las 4 experiencias anteriores, teniendo el contexto de la importancia de la absorción de los gases en el agua, para la organización de sustancias por sus masas relativas.
	Parte 2	¿Qué relación podría inferir que existe entre la solubilidad de los gases, densidad y masa?	Asociar diferentes propiedades físicas de los gases con respecto a la solubilidad de los mismos.
		¿De qué forma, usando las densidades de cada uno de los gases, podría determinar sus masas relativas? ¿Qué sustancia podría ser la referencia para determinar masas relativas? ¿qué criterio definiría para ello?	Proponer métodos matemáticos para la determinación de masas relativas con los datos obtenidos. Proponer una sustancia de referencia para determinar masas relativas bajo la definición de criterios con respecto a las mediciones obtenidas.

	Determine y organice los gases según sus masas relativas.	Organizar las sustancias y concluir.
--	---	--------------------------------------

Anexo 2 Experiencia 1. Elaboración propia.

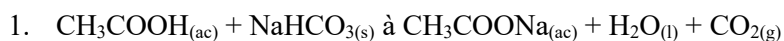
EXPERIENCIA 1

Asignatura: Énfasis en Ciencias Aplicadas

Gimnasio Los Pinos

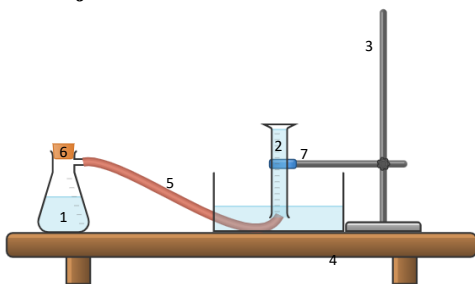
Ejecute los siguientes montajes experimentales y reflexione sobre las preguntas orientadoras en su bitácora:

Reacciones químicas involucradas:



MATERIALES	REACTIVOS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Erlenmeyer con desprendimiento lateral 250 mL 2. Probeta 100 mL 3. Soporte universal 4. Cubeta de agua 5. Manguera 6. Tapón 7. Pinza para balón 8. Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Bicarbonato de sodio, NaHCO_3 • Vinagre, CH_3COOH

Montaje #1



Procedimiento:

1. En el Erlenmeyer con desprendimiento lateral, realice la reacción química para obtener el dióxido de carbono. Añada las cantidades de vinagre y bicarbonato de sodio que están en la tabla.
2. Permita que una porción de gas se libere al ambiente para asegurarse que no haya interferencias del aire en el

montaje.

3. Lleve la manguera hacia la boquilla de la probeta.
4. Realice el mismo procedimiento con las distintas cantidades de sustancia que se mostrarán a continuación:

Masa de Bicarbonato de Sodio NaHCO_3 (g)	Volumen de vinagre CH_3COOH (mL)	Volumen de Dióxido de Carbono CO_2 (mL)
0,1	50	
0,2	50	

0,4	50	
0,8	50	

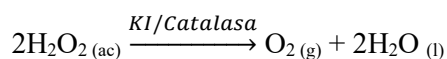
Preguntas orientadoras:

- ¿Qué relación existe entre el volumen producido de dióxido de carbono con el bicarbonato de sodio añadido a la reacción química? Realiza un gráfico de dispersión donde el eje X represente las cantidades de bicarbonato de sodio y el eje Y el volumen de dióxido de carbono producido.
- Explique cómo se entiende que la cantidad dióxido de carbono producido dependa de la cantidad de bicarbonato de sodio que reacciona.

Montaje #2

Reacciones químicas involucradas:

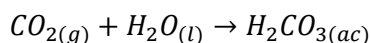
- Método de obtención de oxígeno:**



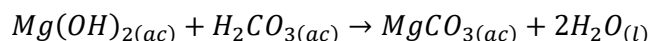
- Método de obtención de dióxido de carbono:**



- Disolución de CO₂ en agua:**



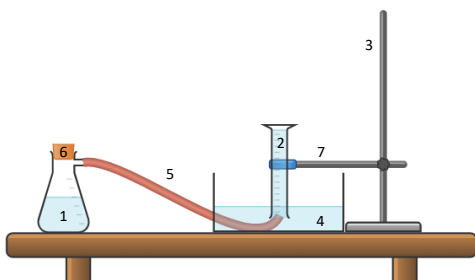
- Neutralización de Mg(OH)₂ con H₂CO₃:**



MATERIALES	REACTIVOS
<ol style="list-style-type: none"> Erlenmeyer con desprendimiento lateral 250 mL Probeta 100 mL Soporte universal Cubeta de agua Manguera Tapón Pinza para balón Balanza analítica 2 tubos de PVC con válvula adaptada. 	<ul style="list-style-type: none"> Solución de leche de magnesia al 10% v/v, Mg(OH)₂ (100mL) Fenolftaleína, C₂₀H₁₄O₄ (1mL) Bicarbonato de sodio, NaHCO₃ (2g) Vinagre, CH₃COOH (10mL) Yoduro de Potasio, KI / Carne de res en cubos. (2g) Peróxido de hidrógeno, H₂O₂ (10mL)

- | | |
|--|--|
| 10. 1 gotero
11. 1 jeringa
12. Pipeta
13. Pera de succión | |
|--|--|

Procedimiento:

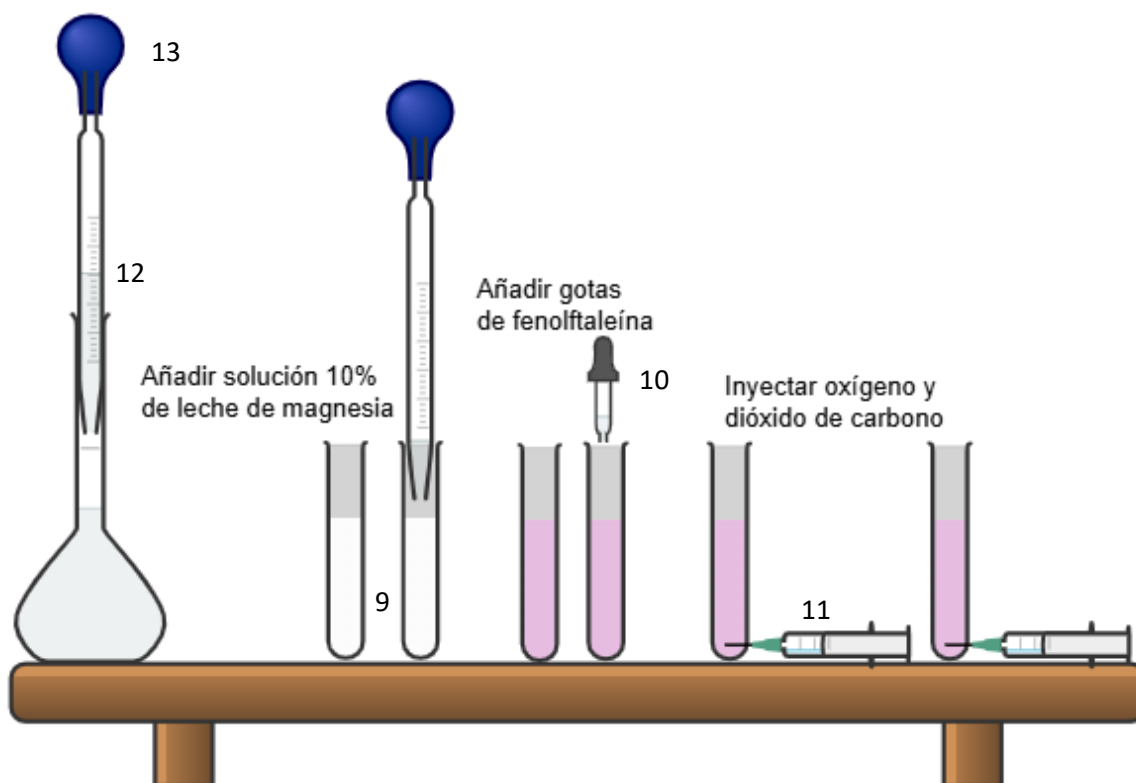


1. En el Erlenmeyer con desprendimiento lateral, realice la reacción química para obtener el dióxido de carbono. Para producir el oxígeno, debe realizar el montaje nuevamente.

2. Permita que una porción de gas se libere al ambiente para asegurarse que no haya interferencias del aire en el montaje.

3. Lleve la manguera hacia la boquilla de la probeta.

4. Tome el tubo de PVC y, usando la pipeta, vierta 50mL de la solución de leche de magnesia en cada tubo.
5. Añada 3 gotas de fenolftaleína y mezcle.
6. Emplee la jeringa para extraer 50mL de dióxido de carbono y oxígeno mediante el montaje #1. Para el caso del oxígeno, tome 10g de carne triturada y añada 50mL de peróxido de hidrógeno.
7. Inyecte el gas en el tubo de PVC, por medio de la válvula de la parte inferior.





Preguntas orientadoras:

1. Describa la mezcla que se encuentra en el tubo, previo a añadir la fenolftaleína.
2. Describa la mezcla que se encuentra en el tubo, posterior a añadir la fenolftaleína.
3. Complete el siguiente cuadro comparativo con las descripciones solicitadas en él. Preste atención a los cambios ocurridos y reflexione sobre las razones.

	Oxígeno (O ₂)	Dióxido de Carbono (CO ₂)
Describa aspectos relevantes de cada sustancia que le permitan diferenciarlos.		
Describa aspectos relevantes de cada sustancia que le permitan relacionarlos.		
Describa lo sucedido cuando inyecta la sustancia en el tubo.		
Mencione las razones de las similitudes o diferencias de los cambios ocurridos en el tubo.		

Anexo 3 Experiencia 2. Elaboración propia.

EXPERIENCIA 2

Asignatura: Énfasis en Ciencias Aplicadas

Gimnasio Los Pinos

Ejecute el siguiente montaje experimental y reflexione sobre las preguntas propuestas en su bitácora:

Materiales:

1. Bebidas carbonatadas.
2. Toallas
3. Mechero
4. Trípode
5. Vaso de precipitado (Beaker)

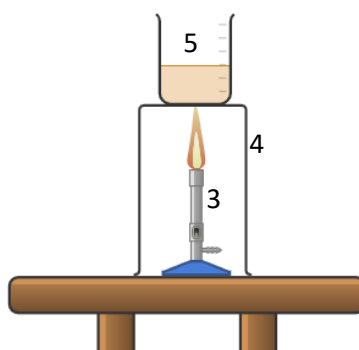
Procedimiento:

- **Antes de abrir la botella:**
 - a. Sin abrir la botella, observe la bebida carbonatada y tome nota. Describa las sustancias que se encuentran al interior de la botella, identificando, además, el estado de la materia.
 - b. Agite la botella vigorosamente. Describa sus observaciones sobre la botella y si evidencia algún cambio.
- **Durante la apertura de la botella:**
 - a. Empiece a abrir la botella lentamente y preste atención al sonido emitido. ¿Cómo podría explicar que exista un sonido al abrir la botella? ¿Existe alguna forma para evitarlo?
 - b. Describa detalladamente los cambios que observa en el líquido de la botella mencionando a qué se deben o de dónde provienen.
- **Después de abrir la botella:**
 - a. Pruebe la bebida y describa su sabor.
 - b. Cierre la botella y agite nuevamente. Observe y describa detalladamente.
 - c. Con la botella cerrada, agítela y ábrala. Repita este procedimiento cinco veces seguidas. Observe y describa.
 - d. Pruebe nuevamente la bebida y describa su sabor.
 - e. Compare el sabor de la bebida recién abierta con el de la agitada varias veces. ¿El sabor de la bebida cambió después del proceso de agitación? ¿Por qué cree que sucede esto?
 - f. Diligencie la siguiente tabla, marcando con una X la casilla que más identifique su experiencia sensorial con el procedimiento desarrollado con la bebida carbonatada en cuanto al sonido, efervescencia y el sabor que percibió.

	Mucho	Parcialmente	Poco
Sonido de la gaseosa al abrirla por primera vez.			

Sonido de la gaseosa al abrirla por tercera vez.			
Sonido de la gaseosa al abrirla por quinta vez.			
Cantidad de efervescencia la primera vez que abre la gaseosa.			
Cantidad de efervescencia la última vez que abre la gaseosa.			
Intensidad de sabor carbonatado la primera vez que la probó.			
Intensidad de sabor carbonatado la última vez que la probó.			

- g. Vierta el contenido de la gaseosa en un vaso de precipitado (beaker) y llévelo a la plancha de calentamiento. Describa lo sucedido y establezca una relación entre la temperatura y el fenómeno observado.



- h. Redacte una conclusión en donde logre abarcar los resultados con la bebida carbonatada en términos de la efervescencia, sabor, sonido por efecto de la temperatura y agitación.

Anexo 4 Experiencia 3. Elaboración propia.

EXPERIENCIA 3

Asignatura: Énfasis en Ciencias Aplicadas

Gimnasio Los Pinos

Ejecute los siguientes montajes experimentales y reflexione sobre las preguntas propuestas en su bitácora:

Montaje #1:

MATERIALES	REACTIVOS
1. Erlenmeyer con desprendimiento lateral 2. Tapón 3. 1 jeringa	<ul style="list-style-type: none"> • Cobre, Cu (1g) • Ácido nítrico, HNO₃ (10mL) • Ácido acético al 5%, CH₃COOH (10mL) • Bicarbonato de sodio, NaHCO₃ (1g)

Reacciones químicas involucradas:

Dióxido de carbono: $\text{CH}_3\text{COOH}_{(ac)} + \text{NaHCO}_{3(s)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}_{(ac)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$

Óxido nitroso: $3\text{Cu}_{(s)} + 8\text{HNO}_{3(ac)} \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(ac) + 2\text{NO}_{(g)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ Esta reacción podrá observarla por medio del siguiente vídeo: <https://youtu.be/PXGqYzesHsA>

Procedimiento:

1. En el Erlenmeyer realice la reacción química para obtener el dióxido de carbono. En otro Erlenmeyer, produzca el óxido nitroso. Coloque el tapón para atrapar el gas.

Preguntas orientadoras:

1. Describa el dióxido de carbono y el óxido nitroso en términos de la densidad y la difusión de los gases.
2. Compare los comportamientos del gas óxido nitroso obtenido en la experiencia del video y el dióxido de carbono obtenido al realizar el montaje.

	Descripciones cualitativas (relaciones)	Descripciones cualitativas (diferencias)
Dióxido de carbono, CO₂		
Óxido nitroso, N₂O		

--	--	--

Montaje #2

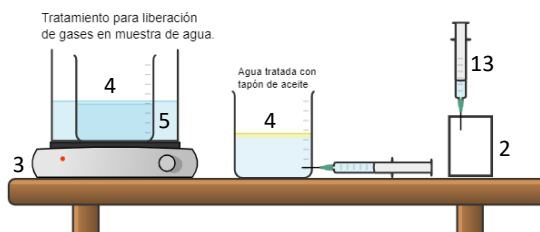
Reacciones químicas involucradas:



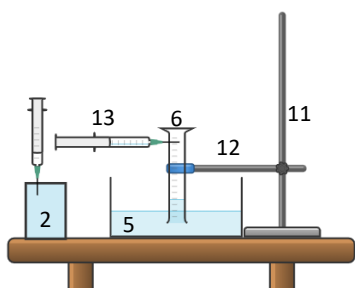
MATERIALES	REACTIVOS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Termómetro 2. Bolsas de suero fisiológico 3. Plancha de calentamiento 4. Jarra con adaptación 5. Cubeta 6. Probeta con adaptación 7. Erlenmeyer con desprendimiento lateral 8. Agitador de vidrio 9. Manguera 10. Probeta con adecuación de una válvula 11. Soporte universal 12. Pinza para balón 13. Jeringas con aguja 	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido acético al 5%, CH_3COOH (10mL) • Bicarbonato de sodio, NaHCO_3 (1g) • Agua destilada

Procedimiento:

1. Tome 500 mL de agua destilada en la jarra y lleve a punto de ebullición por medio de un baño María. Cuando la muestra de agua llegue a dicha temperatura, retire la jarra y, cuidadosamente, vierta una capa de aceite sobre el agua. Use el agitador de vidrio para evitar que el aceite sobrepase la superficie del agua. No permita que el agua se enfríe, realice este proceso rápidamente.



2. Tome la jeringa con su respectiva aguja y extraiga el agua tratada de la jarra, desde la adaptación de la válvula que tiene.
3. Lleve el agua de la jeringa a una bolsa de suero fisiológico. Asegúrese de que la jeringa no tenga burbujas en su interior, igual que la bolsa de suero fisiológico e inyecte 100mL de agua.
4. Tome la jeringa e inyéctela en la probeta del montaje de la trampa para gases.



5. Extraiga 5, 10 y 20 mL de dióxido de carbono de la probeta e inyecte en la bolsa de suero fisiológico que contiene el agua tratada previamente.
6. Tenga en cuenta el volumen de dióxido de carbono inyectado, así como el espacio que ocupó el gas en la bolsa.
7. Agite vigorosamente y observe. Tenga en cuenta la marca de la cantidad de dióxido de carbono inicial y la final después de la agitación.
8. Pasados 10 minutos de agitar y observar, inyecte nuevamente la aguja de la jeringa posicionando la bolsa de tal forma que el dióxido de carbono quede en la parte superior. Extraiga el dióxido de carbono y anote el volumen obtenido.

Preguntas orientadoras:

1. ¿Cuál es el objetivo de calentar el agua hasta punto de ebullición?
2. ¿Cuál es el objetivo de poner un tapón de aceite?
3. ¿Cómo varía el volumen de la bolsa cuando realiza la inyección del gas? Describa y marque el punto en donde se evidencia el límite entre el gas y el líquido dentro de la bolsa.
4. Después de agitar la bolsa, marque el punto final entre el líquido y el gas dentro de la bolsa. Compare las diferencias que logra notar entre las marcas realizadas.
5. Complete la siguiente tabla con los valores del volumen del gas inyectado y extraído.

Volumen inyectado (mL)	Volumen extraído (mL)
5	
10	
20	

6. Indique si coinciden los volúmenes inyectados y extraídos, y explique las razones de dicho hallazgo, teniendo en cuenta la presión en relación con la cantidad de gas inyectado.
7. Redacte 3 conclusiones que podría inferir sobre los volúmenes inyectados y extraídos en relación con los efectos de la temperatura y presión sobre las mismas.

Anexo 5 Experiencia 4. Elaboración propia.

EXPERIENCIA 4

Asignatura: Énfasis en Ciencias Aplicadas

Gimnasio Los Pinos

Ejecute los siguientes montajes experimentales y reflexione sobre las preguntas propuestas en su bitácora:

Para esta experiencia, repetirá los mismos procedimientos que se realizaron en la Experiencia 3. Para este caso, producirá tres gases distintos: Dióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno, por medio de las siguientes reacciones:

Dióxido de carbono: $\text{CH}_3\text{COOH}_{(ac)} + \text{NaHCO}_{3(s)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}_{(ac)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$

Oxígeno: $\text{H}_2\text{O}_{2(ac)} \xrightarrow{\text{Catalasa}} \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$

Hidrógeno: $2\text{HCl}_{(ac)} + \text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(l)} + \text{H}_{2(g)}$

La reacción de producción del hidrógeno y el proceso de inyección, lo observará por medio del siguiente vídeo: <https://youtu.be/LjIAY2kCMOs>

Es necesario que tenga en cuenta el volumen de gas inyectado, así como el extraído después de la agitación. De este modo, podrá establecer una relación entre los volúmenes absorbidos según el gas usado.

Durante la experiencia 3, se pudo establecer una relación entre las cantidades de gas inyectado y su proporcionalidad, tanto con la presión ejercida, como con su solubilidad en el agua. Para esta experiencia, infiera lo que sucedería al inyectar la misma cantidad de tres gases diferentes en el agua. ¿Existirá alguna diferencia en sus presiones y solubilidades evidenciados, también, en los volúmenes extraídos? Justifique su respuesta y redacte una hipótesis sobre lo que sucederá.

Gas	Volumen inyectado (mL)	Volumen extraído (mL)
Dióxido de carbono, CO ₂	20	
Oxígeno, O ₂	20	
Hidrógeno, H ₂	20	

Preguntas orientadoras:

1. Teniendo en cuenta la hipótesis planteada al principio de la experiencia, compárela con lo sucedido después de efectuar el montaje. ¿Se cumplió? Si/No, ¿Por qué?
2. Establezca una forma de organizar los gases, teniendo en cuenta los resultados obtenidos. Debe definir un parámetro claro de organización.

Anexo 6 Experiencia 5. Elaboración propia.

EXPERIENCIA 5

Asignatura: Énfasis en Ciencias Aplicadas

Gimnasio Los Pinos

Esta experiencia está fundamentada desde los avances teóricos de John Dalton en 1803, quien fue la primera persona que estableció la organización de sustancias en fase gas por medio de masas relativas. Para la época mencionada, no se tenía una certeza sobre la composición de la materia, por este motivo, el hecho de afirmar que las sustancias estaban hechas de unas partículas microscópicas que tenían masa, era algo totalmente novedoso, mucho más, tratándose de gases.

Como todas las unidades de medida, se establece un patrón de referencia, tomemos como ejemplo: el metro. Para poder establecer cuántos metros tiene un objeto, primero, se debe definir cuánto mide la unidad de referencia, que sería la más pequeña; de allí en adelante, podrían definirse mediciones más grandes o pequeñas que ésta, como el centímetro o el kilómetro. Para el caso de las masas que Dalton determinó, ocurrió lo mismo. En su labor de determinarlas, debía establecer la sustancia de referencia, que sería la más pequeña; para ello, realizó un paralelismo con las cantidades de gases absorbidas en el agua, en donde encuentra que el hidrógeno es el que menos se absorbe, por tanto, le asigna la unidad en su masa; desde allí en adelante, determina las masas de las demás sustancias. Este proceso es lo que se consolida como: masas relativas de las sustancias y que él logra organizar por medio de la siguiente tabla:

T A B L E
*of the relative weights of the ultimate particles
of gaseous and other bodies.*

Hydrogen	1
Azot	4.2
Carbone	4.3
Ammonia	5.2
Oxygen	5.5
Water	6.5
Phosphorus	7.2
Phosphuretted hydrogen	8.2
Nitrous gas	9.3
Ether	9.6
Gaseous oxide of carbone	9.8
Nitrous oxide	13.7
Sulphur	14.4
Nitric acid	15.2
Sulphuretted hydrogen	15.4
Carbonic acid	15.8
Alcohol	18.1
Sulphureous acid	19.9
Sulphuric acid	25.4
Carburetted hydrogen from stag, water	6.3
Olefiant gas	5.3

Imagen 1. Organización de masas relativas. Tomado de: Dalton (1803, p. 287)

De aquí radica la importancia del fenómeno de absorción de los gases en el agua, en donde William Henry en 1802 aportó elementos experimentales fundamentales que Dalton pudo usar para la

consolidación de avances en el desarrollo de la química, como su teoría atómica, la ley de las presiones parciales de los gases y la organización de sustancias para la elaboración de la tabla periódica que conocemos hoy en día.

PARTE 1:

Realiza la lectura de la memoria de Dalton. Teniendo en cuenta lo desarrollado a lo largo de las 4 experiencias anteriores, realice un texto de mínimo 1500 y máximo 2500 palabras, fuente Times New Roman, 11.

El objetivo de este escrito es que logre plasmar las relaciones, comparaciones, hipótesis, resultados y cuestionamientos que han podido surgir a lo largo de las sesiones implementadas.

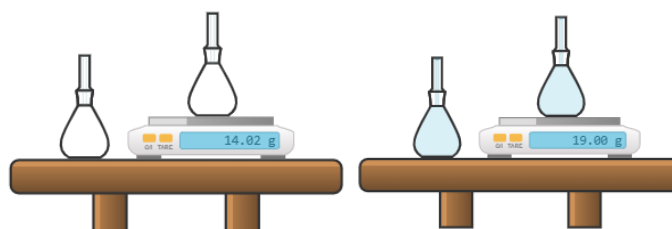
PARTE 2:

Ejecute los siguientes montajes experimentales y reflexione sobre las preguntas propuestas en su bitácora:

Materiales:

- Picnómetro limpio y seco
- Agua tratada
- Muestras de agua con los gases absorbidos
- Balanza
- Toalla de papel
- Jeringa con aguja

Procedimiento:



Para esta experiencia, debe utilizar las muestras de agua con los gases absorbidos, realizados en la experiencia 4.

1. Tome el picnómetro limpio y vacío y péselo en la balanza analítica. Este valor corresponderá a: m_{pic} .
2. Inyecte cada una de las muestras en el picnómetro y péselo nuevamente. Si usa picnómetros distintos, efectúe el primer paso, antes de añadir las sustancias. Este valor corresponderá a: $m_{pic+muestra}$.
3. Para hallar la masa de la muestra, reste: $m_{pic+muestra} - m_{pic}$

Determine las densidades y masas relativas, según orientaciones del docente.

Preguntas Orientadoras:

1. ¿Qué relación podría inferir que existe entre la solubilidad de los gases, densidad y masa?
2. ¿De qué forma, usando las densidades de cada uno de los gases, podría determinar sus masas relativas?
3. ¿Qué sustancia podría ser la referencia para determinar masas relativas? ¿qué criterio definiría para ello?
4. Organice los gases según sus masas relativas

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Formando la Pedagogía</i>	FORMATO		
	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN		
Código: FOR026INV	Fecha de Aprobación: 28-08-2019	Versión: 02	Página 92 de 109

Anexo 7 Consentimiento Informado. Tomado de: Universidad Pedagógica Nacional.

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

Título del proyecto de investigación	Recuperación de la experiencia docente: construcción fenomenológica de la absorción de gases en el agua
Resumen de la investigación	Esta propuesta surge al cuestionar y reflexionar sobre la práctica en la actividad docente, con el objetivo de hacer un análisis histórico-crítico alrededor de la organización de sustancias por sus masas relativas a partir de los estudios sobre la absorción de los gases en el agua realizados por Dalton (1803) y Henry (1802). Acudir a fuentes primarias para el estudio de fenómenos aparentemente resueltos en la enseñanza de las ciencias, constituye formas de proceder interesantes en relación con la construcción y organización de diseños experimentales que permiten profundizar y consolidar una propuesta de aula para comprender el objeto de estudio.
Descriptoros claves del proyecto de investigación	<ul style="list-style-type: none"> - Lectura de fuentes primarias. - Diseños experimentales para la absorción de los gases en líquidos. - Fortalecimiento de habilidades experimentales. - Reconstrucción de la experiencia docente.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Facultad de Ciencias</small>	FORMATO		
	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN		
Código: FOR026INV	Fecha de Aprobación: 28-08-2019	Versión: 02	Página 93 de 109

Descripción de los posibles beneficios de participar en el estudio	<p>Los participantes tendrán la oportunidad de trabajar en el desarrollo de sus habilidades experimentales enfocadas a la comprensión del comportamiento de los gases solos y en soluciones con líquidos. Además, de hacer uso de sus habilidades de reflexión, autogestión y comunicación con el seguimiento de las actividades por medio de una bitácora.</p> <p>Las experiencias de aprendizaje que podrán realizar serán muy interesantes para su aprendizaje de la química.</p>					
Mencione la forma en que se socializarán los resultados de la investigación	<p>Los resultados estarán contemplados en el trabajo de grado para optar al título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales. Se socializarán por medio del escrito que estará en el repositorio de la Universidad Pedagógica Nacional, además, en la defensa del trabajo de grado.</p> <p>Posteriormente, es probable que se realicen artículos relacionados, que puedan publicarse en revistas indexadas.</p>					
Explicite la forma en que mantendrá la reserva de la información	<p>Se mantendrá la reserva de los nombres, rostros, grados y demás información confidencial de los estudiantes y padres de familia. Únicamente se hará uso de sus respuestas frente a las experiencias de aprendizaje que se llevarán a cabo en el aula.</p> <p>Se tomarán fotografías de sus escritos y/o experimentos y grabaciones de voz que serán transcritas por la autora para su posterior análisis. Sin embargo, se utilizarán nombres como: Estudiante 1, 2, 3..., para hacer referencia al participante.</p>					
Datos generales del investigador principal	<p>Nombre(s) y Apellido(s): Laura Juliana Neira Rodríguez</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">N° de Identificación: 1075877876</td> <td style="width: 20%;">Teléfono</td> <td style="width: 20%;">3133461121</td> </tr> </table> <p>Correo electrónico: dqu_ljneirar834@pedagogica.edu.co</p> <p>Dirección: Cra 5ta #1-06 Sur-Sopó</p>			N° de Identificación: 1075877876	Teléfono	3133461121
N° de Identificación: 1075877876	Teléfono	3133461121				

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Ministerio de Educación</small>	FORMATO		
	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN		
Código: FOR026INV	Fecha de Aprobación: 28-08-2019	Versión: 02	Página 94 de 109

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 4D.

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

Firma,


Firma del participante (si aplica),

Nombre: _____

Identificación: _____

Fecha: _____

Con domicilio en la ciudad de: _____

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesionales</small>	FORMATO		
	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN		
Código: FOR026INV	Fecha de Aprobación: 28-08-2019	Versión: 02	Página 95 de 109

Dirección: _____
Teléfono y N° de celular: _____
Correo electrónico: _____

La Universidad Pedagógica Nacional agradece sus aportes y su decidida participación

