



**Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del flogisto y del oxígeno**

María Daniela Arenas Álvarez

Tesis de maestría presentada para optar al título de Magíster en Educación en Ciencias Naturales

Asesor

Ángel Enrique Romero Chacón, Doctor (PhD) en Epistemología e historia de las ciencias y las técnicas

Universidad de Antioquia  
Facultad de Educación  
Maestría en Educación en Ciencias Naturales  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2024

<b>Cita</b>	(Arenas, M. 2024)
<b>Referencia</b>	Arenas, M. (2024). <i>Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del flogisto y del oxígeno</i> . [Tesis de maestría]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2023)</b>	



Maestría en Educación en Ciencias Naturales, Cohorte V.

Grupo de Investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza (ECCE).



Centro de Documentación Educación

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

### **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada a mis abuelos. Su amor incondicional motivo mi alma para no desfallecer y consolidar este trabajo.

### **Agradecimientos**

En primer lugar, gracias a Dios por permitirme tener la salud física y mental para cumplir esta meta. Infinitos agradecimientos a las personas que me asesoraron y me aconsejaron para dotar este estudio de rigor y ética; al profesor-asesor Ángel Enrique Romero Chacón por su orientación constante, llamados de atención y observaciones, a mis compañeros de maestría, a los miembros del Grupo “Estudios culturales sobre las ciencias y su Enseñanza” (ECCE), por permitirme socializar mis inquietudes y avances en sus espacios académicos. De igual manera expreso mi agradecimiento a la profesora Diana María Rodríguez y a los participantes del curso de práctica pedagógica V, con los cuales compartí durante el proceso de recolección de la información.

Una mención especial al profesor Yirsén Aguilar Mosquera, un docente que admiro por su capacidad para explicitar asuntos de la línea de investigación en la cual se desarrolló esta tesis.

Finalmente, gracias a mi madre, por brindarme su paciencia y apoyo constante.

---

## Tabla de contenido

Resumen .....	9
Abstract .....	10
1 Planteamiento del problema .....	11
1.1 Objetivos .....	15
1.1.1 Objetivo general.....	15
1.1.2 Objetivos específicos .....	15
1.2 Antecedentes .....	16
2 Marco teórico .....	22
2.1 Consideraciones acerca de la NOS y sus aportes a la formación científica .....	22
2.1.1 Inclusión de aspectos epistemológicos de la NOS.....	26
2.1.2 Inclusión de aspectos no epistemológicos de la NOS.....	27
2.1.3 Usos de la HDC en el abordaje de asuntos acerca de la NOS .....	29
2.2 Formación ciudadana en el contexto de la enseñanza de las ciencias.....	32
2.3 Las CHC como eje articulador de la formación sobre ciencias y formación ciudadana.....	37
2.3.1 El caso de la CHC entre las teorías del flogisto y el Oxígeno .....	38
3 Metodología .....	52
3.1 Paradigma, enfoque y tipo de estudio .....	53
3.2 Acerca del caso y el contexto .....	54
3.3 Propuesta de intervención y registro de la información .....	55
3.4 Sistematización de la información .....	60
3.4.1 Red de categorías de análisis .....	62
3.4.2 Proceso de análisis e interpretación de la información.....	63
3.4.3 Triangulación de la información.....	65

---

3.5 Consideraciones éticas .....	65
4 Hallazgos .....	68
4.1 La experimentación como escenario para el pluralismo .....	68
4.2 La comunicación como base para la alteridad.....	80
4.3 Las comunidades científicas como ejercicio para la participación e inclusión .....	92
5 Consideraciones finales.....	103
5.1 Conclusiones y aportes de la investigación.....	103
5.2 Perspectivas de investigación y recomendaciones .....	104
Referencias .....	106
Anexos.....	113
Propuesta pedagógica .....	113
Actividad 1 .....	113
Actividad 2.....	115
Actividad 3.....	118
Actividad 4.....	122
Protocolo de Compromiso ético y Acta de Consentimiento informado para participantes .....	126
Registro en el diario de campo .....	131
Protocolo de Entrevista semi estructurada .....	132
Formato de Matriz para la sistematización de las Unidades de análisis.....	133
Unidades de análisis.....	133
Certificado del X congreso internacional sobre formación de profesores de Ciencias.....	145
Certificado de participación en el VI congreso REDLAD .....	146
Artículo en el X Congreso internacional sobre formación de profesores de ciencias.....	147
Registro Fotográfico.....	147

### Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Descripción de las actividades implementadas .....	59
<b>Tabla 2</b> Sistema de Codificación de las Unidades de Análisis.....	60
<b>Tabla 3</b> Simbología utilizada en la Transcripción.....	61
<b>Tabla 4</b> Red de categorías e indicios .....	62
<b>Tabla 5</b> Relación de las categorías con los Indicios. ....	64
<b>Tabla 6</b> Matriz de sistematización de Unidades de Análisis .....	133

---

### Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Aspectos epistémicos y no epistémicos de la NOS .....	25
<b>Figura 2</b> Esquema de la Teoría del Flogisto. Lecaille (1994, p.5). .....	39
<b>Figura 3</b> Montajes Experimentales para analizar el peso de las sustancias. (Pérez, 2014). .....	41
<b>Figura 4</b> Obra de George Sthal donde expone la Teoría del Flogisto. ....	42
<b>Figura 5</b> Instrumentos utilizados por Lavoisier.....	44
<b>Figura 6</b> Grabado de Marie Anne Pierrette Paulze en el laboratorio de Lavoisier. (Muñoz, 2016) .....	46
<b>Figura 7</b> Grabados en el Tratado de Química de Lavoisier (Muñoz, 2016).....	49
<b>Figura 8</b> Descripción de la Propuesta de Intervención.....	56
<b>Figura 9</b> Situaciones Experimentales planteadas a los participantes .....	69
<b>Figura 10</b> Material entregado a los participantes para la actividad defensa de una perspectiva ...	75
<b>Figura 11</b> Comunicaciones gráficas elaboradas por los participantes.....	77
<b>Figura 12</b> Actividad Ante la defensa de una perspectiva .....	88
<b>Figura 13</b> Prefacio de la traducción al libro de S. Kirwan por Marie Pierrette.....	124
<b>Figura 14</b> Planchas elaboradas por Marie Anne Pierrette. Tomado de Bell (2005/2013). .....	125
<b>Figura 15</b> Retrato de Marie Anne Pierrette en el laboratorio. (Bell, 2005/2013). .....	125
<b>Figura 16</b> Formato de Observación.....	131

### **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>CHC</b>	Controversias Histórico Científicas
<b>CTS</b>	Enfoque Ciencia, tecnología y sociedad
<b>DBA</b>	Derechos Básicos de Aprendizaje
<b>EBCC</b>	Estándares Básicos de Competencias
<b>ECCE</b>	Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza
<b>EHC</b>	Episodios Histórico Científicos
<b>FC</b>	Formación ciudadana
<b>HDC</b>	Historia de la ciencia
<b>MEN</b>	Ministerio de Educación Nacional
<b>NOS</b>	Naturaleza de la Ciencia
<b>TCH</b>	Textos Científicos Históricos
<b>UDEA</b>	Universidad de Antioquia
<b>UNESCO</b>	Organización de Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura

## Resumen

Este trabajo de investigación presenta los fundamentos teóricos y las contribuciones de una propuesta de enseñanza de las ciencias naturales, en el contexto de formación inicial de profesores de ciencias, surgida en el programa de la Maestría en Educación en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia) e inscrita en la perspectiva de investigación del grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su enseñanza- ECCE. Su propósito general fue analizar los aportes del uso de las controversias históricas científicas en el desarrollo de la relación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana en la enseñanza de las ciencias. Para su desarrollo se hizo uso del caso paradigmático de la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno acaecida en el siglo XIX, resaltando algunos aspectos tanto epistémicos como no-epistémicos de la Naturaleza de la Ciencia. La investigación se adelantó bajo el paradigma cualitativo, y se implementó el método de estudio de caso instrumental. Los hallazgos evidencian que la discusión planificada de asuntos acerca de la Naturaleza de la Ciencia en el escenario de una controversia histórico científica, favorece en los profesores en formación el ejercicio de habilidades para el pluralismo, la alteridad y la participación e inclusión, elementos indispensables para la convivencia ciudadana.

Palabras claves: Enseñanza de las ciencias, formación Ciudadana, controversias histórico-científicas, historia de las ciencias, reflexiones meta-científicas.

### **Abstract**

This research work presents the theoretical foundations and contributions of a proposal for teaching natural sciences, in the context of initial training of science teachers, arising in the Master's program in Education in Natural Sciences of the University of Antioquia (Medellín, Colombia) and enrolled in the research perspective of the group of Cultural Studies on Sciences and their teaching - ECCE. Its general purpose was to analyze the contributions of the use of scientific historical controversies in the development of the relationship between science education and citizen education in science education. For its development, use was made of the paradigmatic case of the controversy between the theories of phlogiston and oxygen that occurred in the 19th century, highlighting some aspects, both epistemic and non-epistemic, of the Nature of Science. The research was carried out under the qualitative paradigm, and the instrumental case study method was implemented. The findings show that the planned discussion of issues about the Nature of Science in the setting of a historical-scientific controversy favors in training teachers the exercise of skills for pluralism, otherness and participation and inclusion, essential elements for citizen coexistence.

*Keywords:* Science teaching, citizen Training, historical-scientific controversies, history of science, meta-scientific reflections.

## 1 Planteamiento del problema

Las diferentes dinámicas sociales han planteado al mundo contemporáneo la necesidad de formar a las nuevas generaciones en competencias para la convivencia pacífica. En particular, nuestro país, ha sido catalogado como un país violento debido a que durante más de una década se han presentado múltiples formas de violencia como masacres, desplazamiento forzado, reclutamiento de menores, desaparición forzada, maltrato, sicariato, diferencia entre escolares, bullying, barras bravas, entre otros, lo que pone de manifiesto las dificultades que se tienen los ciudadanos para relacionarse unos con otros y la latente necesidad de realizar acciones que mitiguen dichos actos (Barrera, 2021). Sumado a estas dificultades de convivencia social, encontramos que una alta tasa de la población colombiana vive en situaciones de pobreza e inequidad, por lo que además reclama la formación habilidades para la participación, donde los ciudadanos interactúen en entornos de diálogo que permitan el intercambio de distintos puntos de vista para el establecimiento de acuerdos que beneficien a la sociedad.

Según lo anterior, se torna ineludible preguntarse sobre lo que sucede a nivel de los procesos educativos en los que participan los ciudadanos, dado que según algunas investigaciones las experiencias en la vida escolar tienen influencia en la adquisición de cualidades psíquicas que constituyen base temperamental y del carácter de los individuos (La Marca, 2007), por lo que la formación ciudadana se ha venido planteando como un objetivo transversal a las diferentes áreas de formación y niveles educativos (Ministerio de Educación Nacional [MEN], 2001). En este sentido, se precisa que es urgente un acercamiento educativo cuya intencionalidad sea la formación en valores y actitudes para la convivencia y la acción sociopolítica (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2015; Cox et al., 2005; Hodson, 2013).

De esta manera, los entornos educativos han sido catalogados como escenarios fundamentales que promueven la participación y la vida en comunidad, aspecto por el cual se ha propuesto que la formación ciudadana debe ser un objetivo transversal a los diferentes niveles de formación, y al cual han de aportar todas las áreas del conocimiento. Específicamente en el campo

de la enseñanza de las ciencias se ha venido reclamando la necesidad de enfoques y metodologías que permitan articular la educación científica y la formación de ciudadanos competentes que actúen de forma reflexiva en una sociedad permeada por los cambios científicos y tecnológicos (Arteaga et al., 2016; Chamizo y Pérez, 2017). Con la intención de satisfacer este requerimiento, instituciones como el MEN y las Facultades de Educación han elaborado lineamientos curriculares que sugieren la inclusión de las competencias ciudadanas en los planes de estudio del área de Ciencias Naturales (MEN, 2001). No obstante, estos documentos orientadores se han quedado meramente en reflexiones teóricas en la medida que, como lo mencionan Chaux et al. (2004), “la formación ciudadana en muchas instituciones educativas tiene limitaciones que pueden hacer que esta formación no tenga mucho impacto en la vida de los estudiantes o en el peor de los casos que tenga un impacto negativo” (p.15). Surgen, en este sentido, preguntas como: ¿cuál es el aporte de la enseñanza de las ciencias a la formación ciudadana? ¿Qué imagen de ciencia es la adecuada para una formación de individuos con apertura crítica y respetuosos de las diferencias?

Autores como Duschl (1995) han sostenido que existe una crisis en la enseñanza de las ciencias debido a enfoques que asumen la ciencia como algo absoluto y verdadero, desconociendo por completo su desarrollo histórico y epistemológico. Tal perspectiva de enseñanza termina presentando una ciencia ajena a toda posibilidad de conflicto o desacuerdo, alejada de los procesos de construcción del conocimiento, los cuales están permeados por la presencia de compromisos epistemológicos, valores e intereses políticos, sociales o económicos, ámbitos donde se desenvuelven los seres humanos. Esta forma de significar la ciencia se corresponde con un enfoque de enseñanza expositivo, acumulativo y transmisionista de contenidos, donde es ausente el diálogo, el intercambio de posturas y la reflexión crítica, situación que conlleva dificultades para la formación de habilidades ciudadanas que les permiten a los sujetos desenvolverse en realidades tan complejas y cambiantes como las de la contemporaneidad (Arteaga et al., 2016).

En este mismo orden de consideraciones, Hodson (2013) hace un llamado para cambiar estas concepciones tradicionales de la enseñanza de la ciencia en favor de nuevas alternativas encaminadas a complementarla con una enseñanza *sobre* las ciencias, desde la inclusión de elementos como el desarrollo histórico del conocimiento científico, la dimensión ética y moral, entre otros aspectos que permiten evidenciar la posibilidad de enseñar las ciencias más allá de

conceptos, leyes y fórmulas. Resulta apropiado puntualizar, que enseñar contenidos desde una mirada racionalista de la ciencia, es considerar que “el conocimiento es un producto de la mente humana, generado a través del rigor y de la razón” (Ruiz, 2006, p.5), perspectiva que favorece en la enseñanza un modelo de *transmisión recepción* a través del cual se asume que lo importante es presentar a los estudiantes, de la forma más rigurosa posible, los productos (teorías, conceptos, leyes) del conocimiento científico, relegando aspectos como el ámbito social de construcción de los conocimientos científicos, y asumiendo un nulo interés por abordar asuntos relacionados con las necesidades humanas y el vínculo de la ciencia con la sociedad.

Asumiendo que las visiones sobre ciencia influyen en los modos de enseñarla, se han venido desarrollando otras alternativas de enseñanza, las cuales conciben la ciencia como una empresa humana que se ejerce en el contexto cultural en la que sus participantes están influenciados por “diversos elementos y esferas intelectuales de la cultura en la que está inmersa. Estos elementos incluyen, entre otros, el tejido social, las estructuras de poder, la política, los factores socioeconómicos, la filosofía y la religión” (Lederman et al., 2002, p.501). Estos enfoques de enseñanza han venido desarrollándose a partir de la inclusión de reflexiones surgidas de la Historia, la Filosofía y la Sociología de las Ciencias, en la medida que estas disciplinas meta-científicas “proporcionan una reflexión teórica potente sobre qué es el conocimiento científico y cómo se elabora, que permite entender mejor las ciencias, sus alcances y sus límites” (Adúriz-Bravo, 2005, p.3).

Así mismo, propuestas de investigación sugieren que el uso de la Historia de las Ciencias (HDC) en la enseñanza puede proporcionar una mirada crítica de la ciencia actual, desde una visión de la ciencia como algo cambiante y mutable en la cual ocurren controversias resultado, precisamente, del debate entre perspectivas diferentes sobre el mundo físico. Abordar un enfoque histórico de la ciencia, según Campanario (2016) ayudaría a “minimizar las reacciones afectivas negativas de los alumnos cuando comprueban que la mayor parte de sus ideas sobre los contenidos científicos son erróneas” (p.8), dado que en ocasiones los estudiantes presentan concepciones alternativas similares a las visiones históricas que se aceptaron en determinada época, lo que puede contribuir a romper con el dogmatismo y el científicismo. En este punto es pertinente preguntarse:

¿cómo aporta a la formación de ciudadanos este nuevo enfoque centrado en una imagen de la ciencia contextualizada y problematizada?

Cabe destacar que una perspectiva de la ciencia con convergencias y disyuntivas, puede “situar el contenido de la ciencia en un contexto más humano, social y cultural más amplio” (Acevedo et al., 2016, p.3), es decir, comprender la ciencia como algo realizado por seres humanos permitiría reflexiones sobre el valor que tiene el diálogo y la *colectividad* en los procesos científicos para la mediación en los conflictos, competencias que pueden aportar a su vez a una formación para la paz y la civilidad.

Pese a todos los alcances formativos que se han venido identificando del uso de la HDC en la enseñanza de las ciencias, es necesario destacar que aún hoy en día esta disciplina se sigue abordando desde una perspectiva descriptiva y acumulativa de hechos inmutables y definiciones, ignorando los contextos en los que tuvieron lugar esos acontecimientos; perspectiva caracterizada por una ausencia de situaciones que ejemplifican el carácter controversial de la ciencia, destacando exclusivamente la presentación de biografías de los “ganadores” de las controversias científicas como genios (Campanario 2016).

Partiendo de lo anterior, abordar en la enseñanza el carácter controversial de la ciencia podría “satisfacer las necesidades e intereses de los y las estudiantes, al visualizar que los científicos se han enfrentado con demandas, problemas y asuntos de la vida contemporánea que la ciencia intenta resolver” (Hodson, 2013, p.2).

Finalmente, se destaca la necesidad de vincular en los planes de formación inicial y continuada de profesores reflexiones de orden tanto epistemológico como no epistemológico sobre las ciencias, dado que estas al parecer permiten una mirada de la ciencia en relación con dimensiones sociales, aspecto que se ha asumido como un posible eje articulador para el desarrollo de habilidades ciudadanas. De igual manera se evidencia que en el currículo de los programas de formación de profesores de ciencias el asunto de la formación ciudadana se presenta como un curso o cátedra independiente de los contenidos disciplinares, esto según la revisión de programas curriculares como los de Licenciaturas en Ciencias Naturales de algunas facultades de nuestro país. Esta forma de desarrollar los currículos se concibe como algo complejo, dado que “la concepción

de ciencia que tiene el profesor influye de manera significativa en sus formas de enseñanza, pero sobre todo en la imagen de ciencia que desarrollan sus estudiantes” (Flores et al., 2007, p.3), por tanto se cuestiona si la fragmentación los aprendizajes de cuestiones científicas y la formación de habilidades ciudadanas desde los currículos puede permear la visión de los maestros en su quehacer docente, dado que posiblemente esto puede ser un factor para que los maestros asuman que no es necesario pensarse la formación ciudadana en las clases de ciencias.

Las anteriores consideraciones permiten formular la siguiente pregunta que orienta la investigación: ¿Cómo el uso de Controversias Histórico Científicas (CHC) en la enseñanza favorece la articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana?

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

Analizar el uso de Controversias histórico científicas en la articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana en la enseñanza de las ciencias.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Identificar aspectos de orden epistemológico y no epistemológico que caracterizan las controversias histórico científicas para favorecer la articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana.
- Caracterizar en los discursos de los profesores en formación inicial aspectos que vinculan la formación sobre ciencias y la formación ciudadana, cuando discuten sobre la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno.

## 1.2 Antecedentes

Para la revisión de literatura sobre el objeto de esta investigación se retomaron las orientaciones propuestas por Hoyos (2010), quién describe el procedimiento de la construcción del estado del arte en cinco fases, de las cuales adoptamos en este proyecto aquellas concernientes a “la preparación, descripción e interpretación de cada núcleo temático” (p.56); fases que al ser desarrolladas permiten obtener una visión global sobre el campo del conocimiento del cual se ocupa, dado que permite “mirar los resultados del estudio, vacíos, limitaciones, tendencias y logros obtenidos” (Hoyos, 2010, p.87). En la fase denominada preparatoria se seleccionó como núcleos temáticos: Naturaleza de la Ciencia (NOS) por sus siglas en inglés (Nature of Science), Historia de las Ciencias (HDC) y Formación Ciudadana (FC). Dichos núcleos se articularon a la categoría Educación en Ciencias (EC), con el fin de hacer una búsqueda más específica, dada la cantidad de literatura que se puede encontrar en cada tema.

Para la búsqueda, se utilizaron bases de datos como: Scielo, Science Direct, Scopus, World Wide Science, Dialnet y Google Scholar y DOAJ; así mismo se consultaron las revistas Social Studies of Science y Studies in History and Philosophy of Science, las cuales se sitúan como reconocidas revistas académicas en el área de los estudios sociales de la ciencia, además de otras especializadas en el repositorio institucional de la Universidad de Antioquia. Complementariamente se analizaron documentos que corresponden a directrices del MEN como los Lineamientos Curriculares del área de Ciencias Naturales (MEN, 1998), Estándares Básicos de Competencias para las Ciencias Naturales y Ciencias Sociales (MEN, 2001), Estándares Básicos de Competencias ciudadanas (MEN, 2003) y los Derechos Básicos de Aprendizaje en Ciencias Naturales (MEN, 2016), al igual que algunos textos científicos históricos con el fin de tener acceso a algunos fragmentos históricos de primera fuente (Serres, 1989; Kragh, 2007).

Se utilizaron como filtros de búsqueda: la fecha de publicación (periodo comprendido entre el 2012 al 2022), los títulos y palabras claves. Cabe señalar que se consultaron investigaciones más antiguas que el periodo anteriormente señalado, esto debido a que son trabajos de autores que han profundizado en los aportes de la Historia, la Filosofía y la Epistemología y que permiten

fundamentar y justificar el rol de dichas disciplinas en el campo de la enseñanza de las ciencias, y por tanto sus planteamientos son incluidos y referenciados en esta revisión como Kuhn (1971), Gagliardi (1988), Matthews (1994), Solbes y Traver (1996), Adúriz- Bravo, (2005), Gil & Vilches (2004) y Acevedo (2009).

En total se recolectaron 38 artículos de investigación, y se analizaron 4 tesis de maestría que han sido producto de investigación en la línea que se sitúa el presente proyecto; la totalidad de los documentos consultados se organizaron en una matriz que contenía información sobre el año, país, objetivo, referencia y una sección para incluir comentarios.

En la fase de interpretación por cada núcleo temático, se realizó una lectura intencionada de los resúmenes de los artículos, para posteriormente seleccionar aquellos que debido a los propósitos investigativos aportan elementos pertinentes. A continuación, se mencionan los aspectos encontrados por cada núcleo temático abordado.

En el núcleo temático sobre NOS y EC, sobresale el trabajo investigativo de Acevedo et al. (2018) quienes sostienen la relevancia de la NOS como un asunto clave en los currículos. Los autores utilizan cuatro CHC como estrategia de aprendizaje de contenidos de la ciencia, empleando estrategias como la lectura de la narración y el debate; entre los resultados de la investigación se reporta que los profesores en formación universitaria mejoraron significativamente su comprensión sobre la influencia de los aspectos epistémicos de NOS. Además, recomiendan que es necesario investigar sobre los alcances de las CHC para la enseñanza de aspectos no epistémicos de las ciencias.

Así mismo, las investigaciones consultadas reportan una discusión sobre qué aspectos de NOS se deberían enseñar. Al respecto, la tendencia en la última década ha sido una visión centrada en aspectos epistemológicos, es decir aquellos ligados al proceso de construcción de la ciencia y sus características, relegando asuntos como la influencia del contexto sociocultural, político y económico (sociología interna y externa de la ciencia); situación que no ha dejado de producir tensiones y el surgimiento de algunas voces que discrepan sobre la forma de abordar NOS que promulgan por la articulación de ambos aspectos: tanto de orden epistémico, como no-epistémicos (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Adúriz-Bravo, 2005, Chamizo y Pérez, 2017).

Comparando lo planteado en estas investigaciones con los documentos de política pública presentados por el MEN se encuentra que los Lineamientos Curriculares para el área de Ciencias Naturales sugieren como tarea “aproximarnos a la ciencia para comprender el pasado” (MEN, 1998, p.6). Complementariamente al hacer lectura del Estándar básico de competencias denominado: *Me aproximo al conocimiento como Científico Natural*, se infiere que se pretende que los estudiantes alcancen un conocimiento sobre NOS mediante metodologías que los acerquen a “hacer ciencia”; sin embargo, autores como Acevedo (2009) sostiene que “la investigación ha venido mostrando con reiteración que un enfoque implícito de esta clase suele resultar poco eficaz para ayudar a los estudiantes a desarrollar concepciones más adecuadas sobre NOS” (p.5). Adicionalmente no se encontró dentro de los documentos orientadores una propuesta de contenidos específicos de NOS, pues la organización de los Estándares Curriculares se realiza separando los contenidos propios de la ciencia de aquellos en relación con los procedimientos y habilidades científicas, lo que está en contra de los planteamientos desarrollados por varios autores que fundamentan el núcleo temático de NOS.

En el caso de los DBA, solamente se mencionan como aprendizajes estructurantes conceptos, leyes o procedimientos científicos, dejando por fuera aquellos aspectos de NOS. Lo anterior es contradictorio con la justificación de dicho documento, dado que se precisa que es necesario desarrollar en la clase de ciencias competencias ligadas a tolerar la incertidumbre, aceptar la naturaleza provisional del conocimiento, realizar reflexiones sobre el pasado, el presente y el futuro, desarrollar el deseo y la voluntad de valorar críticamente las consecuencias de los descubrimientos científicos, lo cual podría desarrollarse al abordar contenidos de NOS (MEN, 2016, p.7).

Así, en los documentos curriculares no se enuncia una forma precisa y clara que permita comprender cómo se incluyen aspectos de la Historia, la Filosofía y la Epistemología de las ciencias en la enseñanza, no se explicitan qué contenidos de NOS se pueden abordar en cada ciclo de enseñanza.

Acerca del núcleo temático concerniente al uso de la HDC en la consulta realizada en la base de datos Scopus se observa que hay un aumento de publicaciones entre los años 2009-2019, lo que se infiere que es un campo de investigación que viene en crecimiento en materia de

educación. En las investigaciones consultadas se resaltan las realizadas por Acevedo-Díaz y García Carmona, publicadas en su libro en el 2017, donde se sintetizan cinco episodios científicos históricos (ECH) de controversias históricas. En dicho libro los autores abordan aspectos de la NOS enfatizando en aquellos no-epistémicos desarrollados en las controversias, mostrando cómo “aprender de la ciencia, su historia, hechos y su sentido global permite la adquisición de una cultura científica” (p.19).

De igual forma, otras investigaciones muestran que es posible integrar la HDC en la enseñanza mediante el estudio y análisis crítico de asuntos controversiales, lo que puede contribuir a alcanzar una mayor comprensión de aspectos de la NOS (Pabón et al., 2016), es así que estudios con futuros profesores de ciencias muestran que la comprensión de los aspectos epistémicos de la NOS mejoran significativamente cuando se utiliza un enfoque crítico y reflexivo en la discusión de controversias. Además, se encuentra “que son necesarios más estudios empíricos en el aula para seguir profundizando en los aspectos epistémicos tratados, o en otros que pudieran considerarse necesarios incluirlos” (Acevedo et al., 2018, p.353).

Cabe resaltar que el uso de controversias científicas en la enseñanza de las ciencias ha tenido como propósitos investigativos la búsqueda de la comprensión de conceptos científicos, como por ejemplo el caso del concepto de enlace químico o el aprendizaje de los fenómenos cromáticos (Ramírez et al., 2012; Tobón, 2016); sin embargo, propuestas más recientes señalan que su alcance puede ser mayor, es decir no debe estar orientado solo a aspectos racionales y cognitivos sino que también pueden mostrar que la ciencia se construye socialmente como otras actividades humanas, por lo que está sometida a las influencias culturales y sociales (Acevedo et al., 2018, p.25).

A esto se añade que se encontraron escasas investigaciones donde se vinculan las controversias históricas científicas con la formación de competencias y habilidades ciudadanas. En este punto se revisaron investigaciones producto del grupo de Investigación ECCE (Estudios Culturales Sobre la Ciencia y su Enseñanza), las cuales fueron recopiladas del repositorio institucional de la Universidad de Antioquia; entre las que se resalta el trabajo realizado por Muñoz (2020) quién desarrolla una propuesta investigativa utilizando la CHC de los modelos cosmológicos. Entre los resultados del estudio, la autora reconoce que el uso de la CHC permitió

desarrollar habilidades comunicativas en los sujetos, aspectos necesarios para ella buena convivencia entre los ciudadanos, entre los que se destacaron el uso del lenguaje, la generación de empatía y la confianza.

De igual manera, Izquierdo et al. (2014) y Pabón et al. (2016) sugieren el uso de la HDC para abordar los valores intrínsecos y característicos del ejercicio científico; estudios ligados a una perspectiva sociocultural de la ciencia. De dicha temática se encuentra una mayor cantidad de artículos cuyo contexto investigativo son los profesores en formación inicial (8 artículos), sin embargo, tras el rastreo se establece que hay pocas propuestas de investigación con maestros en ejercicio, es decir aquellos docentes que han finalizado sus prácticas pedagógicas y están ejerciendo la docencia en una continuidad de tiempo (se encontraron 2 artículos). Por tanto, se infiere que, estudios con este último tipo de población se constituyen en un escenario interesante para futuras investigaciones.

En cuanto a la revisión que se realizó a los documentos orientadores en política pública, en ellos no se precisan las CHC como un contenido explícito que sea necesario abordar. Así mismo, en la justificación de dichos documentos no se hace alusión a las potencialidades formativas que tienen las controversias (MEN, 2001; MEN, 2016). De igual manera, cuando se hace alusión a la HDC en estos documentos se presenta meramente desde un enfoque biográfico.

En cuanto al último núcleo temático sobre la FC y la EC, cabe señalar que los artículos encontrados fueron escasos. En el análisis de los textos encontrados sobresalen diferentes perspectivas para articular aspectos de formación ciudadana con la formación en ciencias tales como: El Enfoque CTS para desarrollar cultura ciudadana (con mayor tendencia), la Educación Ambiental y su relación con la cultura científica (al igual que estudios donde se vincula la cultura ciudadana a los valores ambientales), y Alfabetización científica para el desarrollo de la formación ciudadana. Frente a esta última perspectiva, se encontraron menor cantidad de trabajos, resaltando el artículo publicado por Henao y Palacio (2013) quienes realizan un recorrido de diferentes propuestas pedagógicas que han desarrollado estrategias para vincular la formación científica y civilidad a las clases de ciencias.

Así mismo, sobresale la investigación realizada por Sequeiros (2005) quien adelanta reflexiones sobre el rol de la enseñanza de ciertos contenidos de HDC para conseguir una formación ciudadanía; en dicho estudio el autor sugiere que es necesario abordar en las aulas contenidos desde la HDC con fuertes implicaciones sociales, cuya orientación sea el logro de habilidades para el desenvolvimiento de los sujetos en ambientes políticos, sociales y económicos.

## 2 Marco teórico

En este capítulo se presenta una fundamentación conceptual alrededor de la articulación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana, tomando como base la concepción de que las acciones educativas, incluida allí en la enseñanza de las ciencias, tienen un papel relevante en la formación del carácter y la conciencia de los ciudadanos.

El capítulo está distribuido en tres apartados. En el primero de ellos se realizará una reflexión sobre los alcances que tiene la inclusión de contenidos de NOS al contexto de la enseñanza; en el segundo se precisa la forma en que se comprende el concepto de ciudadanía, detallando aquellas perspectivas que conceptualizan sobre las habilidades que se consideran favorecen la construcción de sociedades pacíficas; finalmente, en el tercer y último apartado, se reflexiona sobre los aportes de las controversias histórico científicas (CHC) como eje articulador entre la formación científica y la formación ciudadana, puntualizando en su significación y sobre el valor que tienen las mismas para favorecer la articulación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana en el contexto de enseñanza; asimismo, se describen algunos aspectos epistémicos y no epistémicos de la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno que ejemplifican la articulación de la propuesta.

### 2.1 Consideraciones acerca de la NOS y sus aportes a la formación científica

En la educación en ciencias como campo disciplinar se ha venido proponiendo, desde hace más de cuatro décadas, la necesidad de incluir en los currículos y programas de formación reflexiones que vayan más allá que de los conocimientos relacionados con contenidos disciplinares y de procedimientos científicos (aprende *de* ciencia y a *hacer* ciencia) para que vinculen además aprendizajes *sobre* las ciencias (Hodson, 1994). En el escenario de esta propuesta se ha venido consolidando la línea de investigación denominada *Naturaleza de la Ciencia* (conocido internacionalmente con el acrónimo inglés NOS, *Nature of Science*) y aunque si bien el término es polisémico, autores como Adúriz-Bravo (2005) la han conceptualizado como “un conjunto de ideas meta-científicas con valor para la enseñanza de las ciencias naturales” (p.3), donde principalmente disciplinas como la filosofía, la historia y la sociología de las ciencias han aportado al espacio

conceptual de NOS, debido a que estas tienen como objeto de reflexión en común la ciencia. Se toma a consideración esta definición dado que evoca una mirada amplia de NOS evitando los conflictos que existen actualmente en la demarcación de los límites de cada disciplina, además que permite mayor flexibilidad para elegir los contenidos de NOS puesto que indica que estos son seleccionados de acuerdo con la incidencia positiva que se espera obtener a través de su vinculación en los currículos de ciencias.

De acuerdo con esta perspectiva, la planificación deliberada de asuntos de la NOS en contextos de enseñanza supone algunas ventajas como combatir las ideologías científicas, donde la imagen de la ciencia está ligada al conocimiento de la verdad, y aumentar la motivación hacia el aprendizaje científico humanizando las ciencias a través de una perspectiva socio cultural de la misma (Matthews 1994; Izquierdo et al., 2016). De igual manera, Acevedo (2009) ha señalado que la NOS puede favorecer aspectos como el desarrollo de una cultura científica deseable para la toma de decisiones bien informadas (razón democrática), la comprensión de las normas y valores que hacen parte de las comunidades científicas y que conllevan compromisos éticos con la sociedad (razón axiológica), y la comprensión significativa de contenidos de las ciencias permitiendo el cambio conceptual (finalidad instrumental).

En cuanto a la enseñanza y puesta en práctica de la NOS en los currículos, se han propuesto principalmente dos tipos de enfoque didácticos, el *implícito* y el *explícito-reflexivo* (Acevedo, 2009). El enfoque que se ha seguido para este estudio es el explícito-reflexivo, el cual se ha reportado como altamente eficaz para el alcance de una mejor comprensión de NOS (Acevedo et al., 2007; Adúriz-Bravo, 2005). Se asume como vital una planificación deliberada de actividades en contextos variados utilizando estrategias de enseñanza que permitan que los estudiantes aprecien, reflexionen y argumenten ideas de NOS. En concreto se sugiere el análisis crítico en colectivo de ciertos EHC, debido a que los debates entre los sujetos que están aprendiendo sobre la ciencia permite que se establezcan las condiciones para un escenario de conflicto entre las propias ideas de NOS y las de los demás; además, “puede ayudar a estudiantes y profesores a conectar sus experiencias de aprendizaje con la Naturaleza de la Ciencia y reflexionar metacognitivamente, por lo que ambos -estudiantes y profesores- pueden aprender bastante mejor determinados aspectos de Naturaleza de la Ciencia” (Acevedo, 2009, p.361).

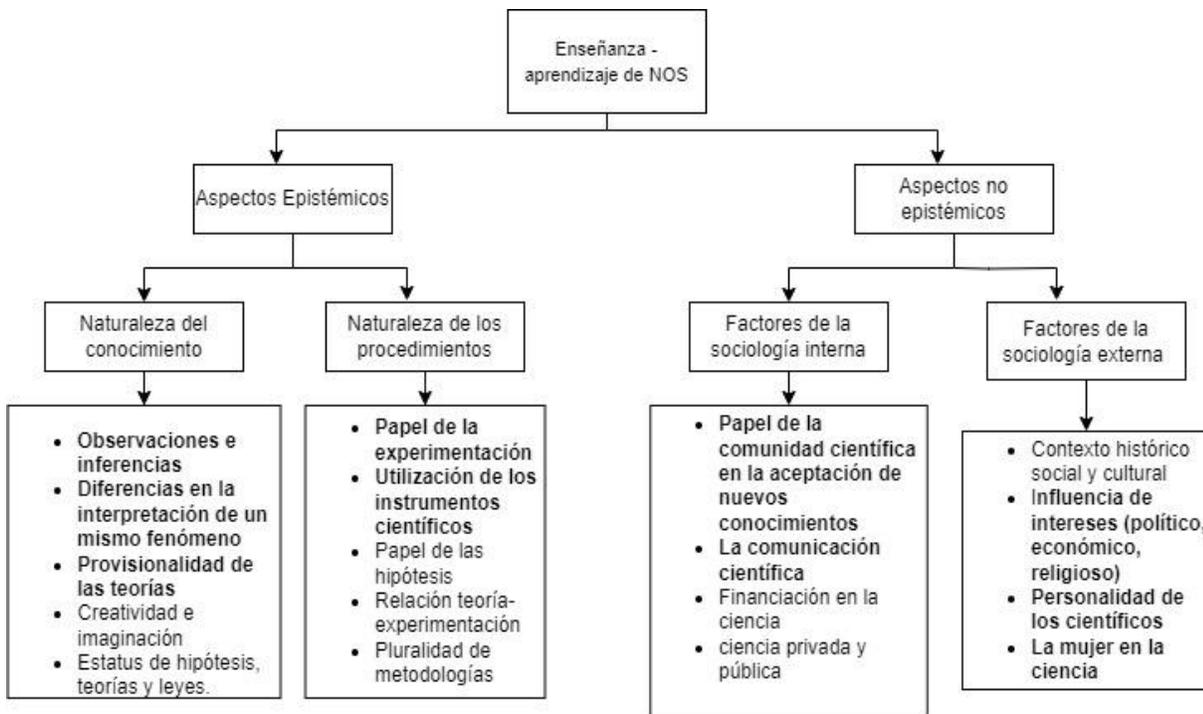
Teniendo lo anterior presente, es determinante reflexionar sobre los contenidos de NOS que podrían abordarse desde un enfoque explícito- reflexivo (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Sobre este particular cabe destacar que los contenidos de aspectos de la NOS se centraron inicialmente en aspectos epistemológicos asumidos como “supuestos, valores y creencias que son inherentes al desarrollo y la validación del conocimiento científico, así como a las características de este cuerpo de conocimiento” (Lederman, 1992, como se citó en Acevedo, 2009, p.356). Esta corriente inicial de la NOS caracteriza la ciencia desde un perfil epistémico, es decir aborda aspectos de razonamiento lógicos (*conocimientos de la ciencia*), al igual que los asuntos en relación con los procedimientos de la ciencia (*quehacer de la ciencia*); Acevedo et al. (2007) sugieren como contenidos sobre la naturaleza del conocimiento: “diferencias entre leyes y teorías, la provisionalidad del conocimiento, el razonamiento lógico, los supuestos de la ciencia, el estatus epistemológico del conocimiento científico, paradigmas y coherencia de conceptos” (p.4). De igual manera, sobre la práctica científica y actividades de la ciencia (procedimientos), se han propuesto contenidos como “las observaciones e inferencias, metodologías, modelos y modelización, las hipótesis, los recursos humanos, el laboratorio, la instrumentación científica y tecnológica, los errores en la ciencia, diseños de investigación y resultados experimentales” (Acevedo et al., 2017, p.31).

Sin embargo, en la última década ha surgido otra corriente que aboga por la inclusión en conjunto de aspectos epistemológicos con contenidos no-epistemológicos, aportados por reflexiones de la sociología interna y externa de la ciencia. Los autores que defienden esta corriente plantean que es adecuada para el alcance de una mayor comprensión de la NOS puesto que las reflexiones complementarias de la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias contribuyen a debilitar imágenes positivistas que asumen el conocimiento científico como un asunto neutral, imparcial y cerrado al peso de situaciones externas, evidenciando las complejas dimensiones en las que se mueve la sociedad y la ciencia. Además, se logra caracterizar la ciencia como un sistema que reúne elementos cognitivos-epistemológicos pero también sociales e institucionales donde se ponen en juego múltiples dimensiones, abordando las circunstancias socio-culturales, políticas y económicas que influyen de manera decisiva en la ciencia, además de aspectos de la sociología interna y externa de la ciencia (Kaya & Erduran, 2016; Mannassero y

Vásquez, 2001). Así pues, algunos contenidos no-epistémicos planteados son “el rol de las comunidades científicas, comunicación profesional, cuestiones personales de los científicos, moral y la ética en la ciencia, influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad, género y feminismo” (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016, p.6).

Siguiendo las intencionalidades de este trabajo, se adopta como marco de referencia la propuesta de articular asuntos de tipo epistemológicos (naturaleza de los conocimientos y procedimientos de la ciencia) y no epistémicos (asuntos de la sociología de la ciencia) en el campo de la enseñanza de NOS. Los cuales son apreciados en la Figura 1.

**Figura 1**  
*Aspectos epistémicos y no epistémicos de la NOS*



*Nota.* Elaboración propia a partir de los planteamientos de Acevedo-Díaz, y García-Carmona (2016).

Consideramos que hay ciertos aspectos de la NOS que pueden presentar vínculos más estrechos con aspectos de la formación ciudadana, propósito del estudio, estos son: las diferencias en la interpretación de un mismo fenómeno, la relación teoría-experimentación, el diálogo en una comunidad científica para la aceptación de nuevos conocimientos, la personalidad de los científicos

ante un conflicto y la mujer en la ciencia. El abordaje de ambos contenidos (epistémicos y no epistémicos) se fundamenta de igual manera en una perspectiva socio cultural de la ciencia, ya que, si bien se podría abordar solo lo epistémico, la ciencia es una actividad que responde a las exigencias y problemáticas de un contexto histórico donde intervienen cuestiones como lo político, económico y social, por tanto, se torna significativo plantear la posibilidad de vincular contenidos no epistémicos de la ciencia.

### ***2.1.1 Inclusión de aspectos epistemológicos de la NOS***

Sobre los asuntos epistemológicos, en particular aquellos aspectos ligados a la experimentación, tomamos como fundamento lo planteado por la perspectiva filosófica de las prácticas experimentales, en donde se ha puesto en evidencia a través de análisis históricos críticos que la teoría y experimento, están al mismo nivel en cuanto a la producción del conocimiento científico; estas ideas se apartan de la postura clásica donde los experimentos son asumidos únicamente como medio para verificar teorías (Hacking, 1996). Es así, que Ferreirós y Ordóñez (2002) plantean una tipología en los experimentos, en los cuales se encuentran aquellos denominados cuantitativos, cualitativos, guiados y exploratorios; específicamente, en el caso de los experimentos exploratorios, los autores sostienen que estos son realizados sin tener un nivel avanzado de desarrollo de conceptos y principios teóricos, y que a través de la adaptación y exploración con instrumentos es que se pueden establecer estructuras conceptuales. Así mismo, un ejemplo en la HDC donde es posible evidenciar tales aspectos, son los experimentos exploratorios realizados por W. Gilbert (1544-1603), S. Gray (1666-1736) y Ch. F. Dufay (1698-1739) sobre los fenómenos electrostáticos, los cuales “permitieron ampliar la base experiencial sobre esta clase de fenómenos, además de que posibilitaron el surgimiento de ideas que se articularon conceptualmente y que, en consecuencia, condujeron a su vez al diseño de nuevos experimentos” (Amelines y Romero, 2017, p.17).

Por tanto, en este estudio, se conciben los instrumentos como el nexo o canal de comunicación entre nuestros pensamientos y aquello que denominamos la naturaleza; a partir de su uso se generan las condiciones para que se den los efectos científicos y los fenómenos naturales (Romero et al., 2016). De tal manera, se sostiene que los científicos modifican y adaptan los

instrumentos con la intencionalidad de organizar los fenómenos a su consideración (Ferreirós y Ordóñez, 2002; Steinle, 2002). De igual manera, el abordaje del contenido de NOS sobre la observación e inferencias en los fenómenos permite comprender como la subjetividad de los observadores (científicos), y las preconcepciones que poseen, intervienen en la manipulación del instrumento y en la interpretación de los fenómenos. Un ejemplo, sobre como las observaciones influyen en la interpretación de los fenómenos es lo que aconteció con “Ptolomeo defensor de la teoría geocéntrica, quien hace uso de la observación y el lenguaje común instaurado en la época para defender y ratificar la inmovilidad de la Tierra... él percibe que los cuerpos celestes como los planetas y las estrellas se mueven ante sus ojos” (Muñoz, 2020, p.33), por el contrario, en siglo XVIII el físico Foucault (1819-1868) logró explicar una nueva teoría, por medio del convencimiento a sus contemporáneos del movimiento de rotación de la Tierra a través de experiencias realizadas con el péndulo, al que daría su nombre.

Es así, que en este estudio se asume que en la construcción del conocimiento científico es posible que se presenten diferentes interpretaciones ante un mismo fenómeno; algunas de estas explicaciones inician como una débil anomalía contradiciendo por medio de la observación de fenómenos lo planteado por una teoría dominante en el colectivo de científicos, sin embargo su acumulación se torna como un asunto con significancia que abre terreno para la iniciación de un cambio hacia un nuevo paradigma (Kuhn, 1971), como fue el caso de lo acontecido entre la teoría geocéntrica y la teoría heliocéntrica, o cuando “el movimiento anómalo de la Luna fue tan suficientemente serio para Leonhard Euler como para sugerir que la ley de la gravitación de Newton necesitaba un ajuste” (Kuhn, 1971, p.6). Por tanto, a través de casos en la HDC es posible evidenciar la provisionalidad de las teorías como un asunto de la NOS, ejemplificado en casos de revoluciones científicas.

### ***2.1.2 Inclusión de aspectos no epistemológicos de la NOS***

Respecto a los asuntos no-epistemológicos, de reflexiones surgidas de la Sociología de la ciencia se seleccionaron contenidos que permiten comprender el engranaje entre los procesos comunicativos y su influencia con el desarrollo de la ciencia, esto a partir de la reflexión sobre aspectos como el diálogo en las comunidades científicas, la personalidad de los científicos y su

estrecha relación con la transformación de las ideas científicas (Kuhn, 1971). De igual forma, desde la HDC se han recopilado e interpretado diferentes textos donde se evidencia cómo los científicos utilizan variadas estrategias comunicativas con el fin del establecimiento de consensos en la comunidad científica, algunos de ellos como la escritura de libros y memorias, la realización de traducciones de obras propias y controversiales, la publicación de gráficas de laboratorio, la invitación a otros científicos para que atestigüen la realización de experimentos (Latour y Woolgar, 1995); las estrategias dialógicas mencionadas han permitido la divulgación de los conocimientos y explicaciones a otros científicos, esto con la intencionalidad de ganar adeptos en la comunidad científica. Estas ideas se corresponden con los planteamientos de Fleck (1986) quien sugiere que en la ciencia se establecen colectivos de pensamientos, los cuales son grupos de científicos que adoptan una manera de ver y entender los fenómenos a partir de las experiencias y las estructuras conceptuales previas; el colectivo justifica y argumenta enunciados a favor del estilo de pensamiento que comparten todos los integrantes. Es decir, ante el planteamiento de nuevas hipótesis, los miembros del colectivo realizan una defensa a sus explicaciones por medio de la actividad argumentativa.

Es así, que se destaca el papel que tiene el lenguaje y la argumentación en la actividad científica; tomando como fundamento que la elaboración y sustentación de las teorías científicas se da en un contexto de debate, donde diferentes colectivos de pensamiento presentan hipótesis. Los discursos de los científicos en un entorno de debate manifiestan aseveraciones, refutaciones y consensos entre los mismos, acerca del cómo o porqué ocurre un determinado fenómeno, y estas explicaciones son construidas, evaluadas y comunicadas a través de procesos de argumentación (Toulmin, 2003).

De igual manera, se retoman aspectos del papel de la mujer, asumiendo que la misma ha tenido un papel fundamental en la construcción del conocimiento científico, vinculando dichas reflexiones a la forma en cómo las comunidades científicas han influido en el reconocimiento del estatus de científicas (Rossiter, 1993). Por tanto, se retoman elementos como la jerarquía del poder dentro de las comunidades científicas como factor condicionante de los roles desempeñados por la mujer, al igual que los estereotipos sociales a través de los cuales han sido categorizadas.

### ***2.1.3 Usos de la HDC en el abordaje de asuntos acerca de la NOS***

Los contenidos de NOS a los que se ha hecho referencia pueden ser contextualizados a través del uso de la HDC, la cual es abordada a través de estrategias como “la lectura de episodios históricos y biografías, la replicación de experimentos, el abordaje de controversias histórico científicas” (Izquierdo et al., 2016, p.80).

En este sentido, se suelen utilizar diferentes enfoques para abordar HDC, los cuales se han denominado anacronismo, hagiografía y diacronismo. En esta investigación, es de interés analizar algunas de sus particularidades, debido a que cada uno de estos conlleva una potencialidad en el campo de la didáctica de las ciencias, y la selección de un enfoque sobre otro de forma estricta “pueden conducir a juicios históricos erróneos” (Quintanilla y Cabrera, 2017). De igual manera, algunos autores sugieren que estos enfoques pueden conllevar una serie de dificultades que imposibilitan una buena historia de las ciencias.

Así pues, cuando se utiliza enfoque anacrónico, la HDC es interpretada a partir de las estructuras conceptuales actuales, lo cual puede desencadenar dificultades como que los estudiantes adquieran una imagen de la ciencia asociada a la acumulación de conocimientos verdaderos. Por ejemplo, cuando se abordan trabajos como los del científico Paracelso en el siglo XVI, se analiza solo la dimensión epistemológica de su teoría de las signaturas o semblanzas sobre las enfermedades, lo que podría hacer que se tache los trabajos del científico de errados, esto debido a que él planteaba sus explicaciones apelando a conceptos como lo puro o lo impuro los cuales no son tenidos en cuenta en la actualidad para ofrecer explicaciones sobre las enfermedades. Por ende, algunos autores sugieren que este enfoque no es adecuado para la historia, puesto que imposibilita pensar en una ciencia influenciada por aspectos como valores, problemas y preguntas que se configuran de acuerdo con los periodos históricos donde se desenvuelve la humanidad y esto a su vez configura una manera de ver y actuar de los científicos muy distinta a las maneras de ver y pensar en la actualidad (Monk y Osborne, 1998).

Por otra parte, una historia hagiografía consiste en escoger un personaje histórico ilustre y centrar en él todo el análisis; este es el tipo de historia donde determinados científicos son catalogados héroes, heroínas o incluso padres de la ciencia. Esta perspectiva ha sido criticada por

didactas e historiadores de la ciencia, los cuales cuestionen la relevancia que se le otorga a un científico sobre otro conociendo que ambos estudiaron los mismos fenómenos. Este enfoque ha sido utilizado en el análisis de episodios históricos, en el que prima una desigualdad en la narrativa ya que se suele resaltar a un científico más que otro, incluso son mencionados como ganadores de CHC, este hecho “puede distorsionar de manera importante el significado de la actividad científica, al vincularla exclusivamente al éxito” (Izquierdo et., al 2016, p.25).

En cuanto, a una historiografía diacrónica, se pretende estudiar la ciencia del pasado de acuerdo con las condiciones que existían en él, esto son problemas, condiciones sociales, políticas, económicas y demás factores alrededor del descubrimiento. Sin embargo, los historiadores sugieren que este tipo de enfoque es un ideal, por lo que Quintanilla y Cabrera (2017) afirman que “los conocimientos actuales permiten analizar los conocimientos históricos de una manera que sería imposible desde una postura diacrónica estricta” (p.34).

Frente a los anteriores análisis, y dado que no hay consenso pleno sobre cuál enfoque sería el más adecuado para una “buena historia de la ciencia”, se considera adecuado fundamentar este estudio en una posición neutral, teniendo presente no incurrir de forma estricta en ninguno de los enfoques anteriormente mencionados; esto se hace por medio del abordaje de diferentes elementos sobre los condicionamientos sociales, históricos, políticos en los que se desarrolló la actividad científica para evitar caer en una preparación irresistible y programada de hechos, como si se tratase de una receta a ser contada, al igual que teniendo cuidado en otorgar juicios de valor a los trabajos desarrollados de unos científicos sobre los otros, porque esto puede sesgar la mirada de aquellos que están reflexionando sobre la ciencia a partir de la historia.

Atendiendo a que la HDC es concebida como un componente clave para aprendizajes de y sobre la ciencia, es importante detenernos a reflexionar sobre una de las formas para abordar la NOS, estas son las controversias histórico científicas CHC, un componente clave en esta investigación. Para su implementación Quintanilla y Cabrera (2017) proponen una planificación deliberada de los aspectos que se van a abordar en las narrativas de las CHC, esto en relación con que aquellos aspectos que se elijan pueden favorecer una mirada particular de la ciencia, lo que implica al historiador, docente o didáctica confrontar dichos elementos con las propias ideas

epistemológicas, es decir “una organización individual sobre la NOS permitirá al profesor cuestionar su propio conocimiento y, por ende, su enseñanza” (p.146).

En esta misma línea, se toma como fundamento la investigación de Acevedo et al. (2018) sobre controversias de la HDC para el abordaje de NOS, algunas de las que se utilizaron fueron la CHC Pasteur y Pouchet sobre la generación espontánea, el caso de Pasteur y Liebig sobre la fermentación, y los estudios de Rosalind Franklin sobre la doble hélice de ADN. Estas narrativas responden a un análisis crítico e intencionado de los autores por plasmar en su abordaje aspectos epistémicos y no epistémicos, susceptibles de ser utilizados en el contexto de la enseñanza de las ciencias. En el caso de la controversia entre Pasteur y Pouchet, los autores intentan describir los desarrollos experimentales de ambos científicos, evitando resaltar la labor de alguno de ellos.

En este sentido, las CHC pueden ser abordadas por medio de narrativas, las cuales pueden corresponder a tres clases de textos científicos históricos (TCH); los primeros denominados *fuentes primarias u originales*, son aquellos realizados por los científicos donde ellos mismos escriben sus desarrollos e interpretaciones hacia los fenómenos, estos se encuentran en formatos como artículos, cartas, comunicaciones, apuntes de cuadernos de laboratorio entre otros. En segundo lugar, se encuentran los textos de *segunda fuente* (corresponden a un análisis realizado a un texto original donde se adelantan comentarios e interpretaciones), son utilizados como material por disciplinas como la historia, filosofía y sociología de las ciencias. Finalmente, el tercer tipo de texto son *documentos socio-científicos*, en estos se desarrollan cuestiones de controversias y dilemas sociales contemporáneos (Romero, 2017).

Para el contexto de esta propuesta utilizaremos textos de primera y segunda fuente, dado que son documentos relevantes que permiten contemplar situaciones, eventos, objetos donde se desenvolvían los científicos, al igual que comprender las preguntas que se planteaban, la justificación de sus explicaciones y las conexiones que establecían con otros científicos dentro de la comunidad científica. En relación con estas consideraciones, Stiefel (1996, como se citó en Castillo, 2016) sostiene que los TCH permiten:

- (i) Dilucidar los hechos, los datos, las teorías, los procedimientos, los instrumentos, buscar intereses, éxitos y fracasos de los científicos implicados en un periodo,
- (ii) identificar el

desarrollo cultural, las corrientes ideológicas o políticas influyentes en el trabajo de los científicos, (iii) reconocer los presupuestos que los científicos hacen, las teorías por las que se desencadenan y las que dejan a un lado y (iv) reconocer los presupuestos que los científicos hacen sin ser forzados, las teorías por las que se desencadenan y las que dejan a un lado. (p. 63)

## **2.2 Formación ciudadana en el contexto de la enseñanza de las ciencias**

La formación ciudadana, es el reto y compromiso que debe enfrentar la humanidad en la búsqueda de mejorar en diferentes ámbitos (social, político y económico), esto ligado a formar individuos que se sientan pertenecientes a una comunidad, con habilidades que les permitan convivir unos con otros (Cortina, 1997., Chaux et al., 2004; Mockus, 2004); para lo cual se requiere de una formación que trascienda la enseñanza de tópicos o área particulares y que busque, más bien “que los principios democráticos y de convivencia pacífica en la pluralidad sean parte de la vida cotidiana” (Ruiz y Chaux, 2005, p.7).

En este sentido, Chamizo y Pérez (2017) sugieren que es necesario una adecuación en los currículos de las instituciones educativas, en particular el concerniente a las ciencias naturales, donde se incluyan contenidos que permitan mejorar la educación de los individuos en los ámbitos sociales y personales. Para esto los autores sugieren la inclusión de “aspectos relacionados con la historia, naturaleza de las ciencias y el quehacer científico que contribuyan a la reflexión de los estudiantes sobre qué son, cómo se hacen y quiénes hacen las ciencias, así como la vinculación de todo ello con las problemáticas e intereses de su propio contexto de vida” (p.24).

Con este propósito, es relevante acercarse a los diferentes significados que en occidente se tiene sobre el concepto de ciudadanía, puesto que este ha sido un concepto construido socialmente y modificado históricamente por posiciones filosóficas y políticas, de tal manera que su análisis permite la comprensión de las diferentes formas en que se puede caracterizar al ciudadano. Al respecto Cortina (1997) presenta dos acepciones del concepto ciudadanía, una de origen latino (jurídica) y otro de origen griego (política). En la ciudadanía jurídica, los ciudadanos son aquellas personas que hacen parte del estado, actúan bajo su marco normativo y donde la comunidad política adquiere el compromiso de proteger y velar porque sus derechos políticos y sociales no sean

violentados. Por su parte, en la noción de origen griego, la ciudadanía la ejerce aquel que participa en la plaza pública, es decir quien expresa su opinión sobre los ámbitos sociales, políticos y económicos del estado; ser ciudadano en esta mirada es tener una postura activa en los procesos de deliberación junto con los conciudadanos (Cortina, 1997).

Teniendo en cuenta estos planteamientos, se considera que, si bien las leyes y la adjudicación de unos derechos y obligaciones son aspectos importantes para la consolidación de una sociedad más pacífica y justa, también es necesario forjar a nivel interno (en el carácter) unas disposiciones en los sujetos para la participación, dado la connotación de que somos seres sociales y estamos en contacto con los demás en escenarios democráticos. Por tanto, en este estudio se opta por la articulación de las dos nociones de ciudadanía, identificando a los ciudadanos desde lo legal pero simultáneamente inscribiéndolos como sujetos de los que se espera una participación en la toma de decisiones (Romero, et al., 2016).

Además, la ciudadanía se asume como un proceso plantea que los sujetos aprendemos a comportarnos como ciudadanos, como si se tratara de un proceso de degustación, donde las experiencias paulatinas de la vida nos van preparando; en este sentido, los seres humanos no nacemos siendo ciudadanos, es necesario entonces preparar a las personas para dicho ejercicio, y en esta labor se han reconocido a las instituciones escolares como actores determinantes en la adquisición de diferentes formas de ver, comprender y vivenciar la ciudadanía (Cortina, 1997; Ruiz y Chaux, 2005)

La anterior forma de comprender la ciudadanía encuentra semejanzas con aquella que plantea el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2003) quien sostiene en el documento de los estándares básicos de competencias ciudadanas que la formación ciudadana parte de “la premisa básica de que es característica de los seres humanos vivir en sociedad” (p.149). Asimismo, se propone que la formación ciudadana debe ser abordada como “un proceso que se puede diseñar con base en principios claros, implementar con persistencia y rigor, evaluar continuamente e involucrar en los planes de mejoramiento de cada institución” (p.5). Por tanto, las acciones educativas que sugiere el MEN deben ser encaminadas a que los sujetos obtengan aprendizajes que le permitan relacionarse con otras personas, comprender el significado de vivir en sociedad y participar activamente en la construcción de comunidad.

Por otra parte, sobre el rol de las instituciones educativas, el MEN (2003) recalca que la formación ciudadana “no es una asignatura aislada, sino una responsabilidad compartida que atraviesa todas las áreas e instancias de la institución escolar y toda la comunidad educativa” (p.10). Es desde esta postura que se hace un llamado a integrar de forma particular la formación ciudadana a áreas como las ciencias naturales, para que desde las clases se desarrollen estrategias educativas encaminadas al desarrollo y fortalecimiento de habilidades para la convivencia, la democracia y la participación.

En coherencia con lo anterior, el MEN ha elaborado documentos orientadores para las instituciones educativas de educación básica, media y secundaria, con el fin de que estas puedan contribuir al proyecto de ciudadanía. En particular, en los Estándares Básicos de Competencias Ciudadanas (EBCC) (2003) se sugiere que al transitar en el contexto escolar y no escolar podemos aprender diferentes tipos de habilidades (cognitivas, emocionales y comunicativas) al igual que conocimientos necesarios para la convivencia. Estos aprendizajes denominados *competencias ciudadanas*, tienen también relación con el desarrollo moral de los sujetos, por tanto, se espera que con la formación en competencias ciudadanas los colombianos puedan “buscar alternativas que nos permitan resolver los conflictos de una manera pacífica, superar la exclusión social, abrir nuevos espacios para la participación ciudadana, enfrentar los altos índices de corrupción y lograr relaciones más armoniosas” (MEN, 2006, p.148).

En esta misma línea, Chaux et al. (2004), describen los ámbitos en los que se desenvuelve la formación ciudadana, los cuales son: convivencia y paz, participación y responsabilidad democrática, y pluralidad, identidad y valoración de las diferencias. A continuación, se describen cada uno de ellos, precisando en qué habilidades se esperan adquieran los ciudadanos.

*Convivencia y Paz*, en la formación de habilidades para esta dimensión se pretende que los sujetos actúen a favor de una sociedad equitativa, por lo que es indispensable capacidades para resolver los conflictos mediante el diálogo, sin acudir a la violencia; asimismo, se pretende que comprendan que cuando se comparte un espacio con los otros, puede haber dilemas entre intereses y que, por lo tanto, puede que sea preciso buscar alternativas para llegar a consensos.

*Participación y responsabilidad ciudadana*, se espera que los sujetos aprendan a construir colectivamente acuerdos a través de un proceso de deliberación conjunta que transforme positivamente su contexto, para lo cual necesitan de competencias cognitivas para la toma de decisiones en procesos democráticos.

*Pluralidad e identidad y valoración de las diferencias*, procura educar ciudadanos competentes que reconozcan, disfruten y respeten la diversidad humana, formando en capacidad crítica, con la habilidad de expresar sus propias perspectivas, evitando todo tipo de discriminación. Para el desarrollo de estas habilidades se requieren que las personas experimenten procesos comunicacionales con sus pares, esto mediado por acciones educativas que favorezcan procesos democráticos.

Se ha considerado para este estudio, sintetizar las dimensiones de la formación ciudadana planteadas anteriormente en tres conceptos claves, significados como disposiciones que los seres humanos requieren para el ejercicio de la ciudadanía. Estos son la *pluralidad*, la *alteridad* y la *participación*. Dado la ambigüedad que puede presentarse entre los mismos, se retoman los planteamientos de Arendt (1993) y García (2017) para su significación. En este orden de consideraciones, se concibe a la *pluralidad* como una condición de la acción humana para el reconocimiento de la diferencia “es decir todos somos lo mismo, es decir, humanos, y sin embargo nadie es igual a cualquier otro que haya vivido, viva o vivirá” (Arendt, 1993, p.22). Esto implica proveer de espacios para el reconocimiento de *la diversidad humana* entendiendo que somos singulares, particulares, únicos e irrepitibles, y en este sentido un proceso de formación ciudadana encaminada hacia el pluralismo conlleva a desarrollar conocimientos y habilidades para el reconocimiento y el respeto de *la diferencia* en todas sus manifestaciones (ideológica, cultural, religiosa, política, entre otras). Asimismo, es importante recalcar que “la única manera de hacer manifiesta o conocida la pluralidad es a través del discurso y de la acción” (Arendt, 2009, p.56). En este sentido, es necesario favorecer espacios para el diálogo donde puedan los sujetos reflexionar si es posible vivir juntos en la diferencia, esto es expresando sus puntos de vista, emociones, formas de ver y comprender su entorno; justamente en ese escenario se puede percibir la constatación de la diferencia, esto a su vez puede establecer las condiciones para que se desarrollen relaciones pacíficas, basadas en el respeto, la libertad y la tolerancia (García, 2017).

En cuanto a la *alteridad*, Arendt (2020) aclara que “la cualidad humana de ser distinto: no es lo mismo que la alteridad” (p.200), dado que existe sinonimia en la literatura con el término pluralismo; sin embargo, en este estudio se considera que la alteridad sólo adquiere valor cuando los seres humanos tienen procesos de comunicación y acción entre ellos. Además, García (2017) complementa que una formación ciudadana para la alteridad permite “zanjar y trascender los conflictos mediante el logro de acuerdos y a partir del reconocimiento de lo otro y en lo común” (p.7). Asimismo, en los procesos dialógicos los sujetos aprenden habilidades como el reconocimiento de los demás como interlocutores válidos, la flexibilidad de pensamiento (que implica el cambio de perspectivas), esto debido a que “en el círculo hermenéutico de salir de sí mismo, pensar con el otro y volver sobre sí mismo como otro, redundando en una transformación que hace variar lo que se era originalmente” (García, 2017, p.13). Esta necesidad de que ciudadanos puedan establecer *diálogos de escucha activa* para el establecimiento de puntos en común es determinante para favorecer la construcción de paz a través de la negociación, dado que este proceso subordina el interés de “cambiar la posición del otro y, más bien, busca atender lo dicho por el” (García, 2017, p.13). Por tanto, la dimensión de la alteridad tiene alta relevancia en la formación ciudadana ya que implica formar a los sujetos en que puedan preservar su identidad, pero a su vez sentirse y ser persona es relación con otros. En concreto, para el establecimiento de habilidades para la alteridad, es clave la conversación entre los sujetos puesto que “siempre deja una huella en nosotros, porque hemos encontrado en el otro algo que no habíamos encontrado aún en nuestra experiencia del mundo, es así como la conversación posee una fuerza transformadora” (p.13).

Por otra parte, se entiende la *participación* como un aspecto clave para el ejercicio ciudadano, también en vínculo con la caracterización de un ciudadano en la perspectiva griega (Cortina, 1997). Se considera que todos los seres humanos tanto hombres como mujeres tienen el derecho de participar en las esferas públicas (la polis); en este sentido, los ciudadanos tienen el llamado a procurar una disposición activa en la toma de decisiones colectivas dentro de las comunidades a las que pertenecen (Arendt, 1993). Desde estos planteamientos, una formación para la participación conlleva que los sujetos reflexionen sobre el valor de la inclusión en igualdad de condiciones de todos los ciudadanos en las esferas públicas, esto a través de estrategias que les

---

permitan a los sujetos la reflexión sobre lo que implica la presencia de situaciones de exclusión y discriminación a grupos denominados minorías (mujeres, niños, grupos poblaciones en situaciones de pobreza, grupos étnicos), actores que desde la perspectiva de García (2017) son fundamentales para la construcción de Nación. También, es importante propiciar el desarrollo de habilidades argumentativas que le permita a los sujetos interactuar con los demás, es decir construir una sociedad medio del diálogo, de ahí que la capacidad de emitir argumentos y contra argumentos es una habilidad necesaria para el ciudadano (Toulmin, 2003).

Para esta investigación formar a los ciudadanos en la participación es permitir ambientes donde se favorezca el razonamiento de unos con otros, esto por medio estrategias como los debates donde se pueden manifestar diferentes explicaciones.

### **2.3 Las CHC como eje articulador de la formación sobre ciencias y formación ciudadana**

Las CHC son definidas por McMullin (1987) como “una disputa pública persistente sin una resolución fácil, en la que interviene la comunidad científica, quien, en últimas, define la naturaleza de la controversia científica” (como se citó en Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2017, p. 24). De igual manera, Latour y Woolgar (1995) indican que en el proceso de construcción del conocimiento se establece un intercambio dialógico, en el que los científicos utilizan unas estrategias literarias en su carrera de persuasión del otro para posicionar su propio conocimiento tales como la búsqueda de testigos en la realización de experimentos.

En las CHC a diferencia de las controversias socio científicas, son foco de atención aquellos asuntos de carácter epistémico, es decir, relacionados con la construcción de conceptos científicos, al igual que asuntos de tipo “no epistémicos como los relacionados con las emociones y rasgos de la personalidad de los participantes, así como otros factores externos asociados de corte social, político o económico” (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2017, p. 24)<sup>1</sup>. También las CHC en la enseñanza de las ciencias se han catalogado como un elemento altamente valioso en la construcción

---

<sup>1</sup> Las controversias socio científicas, se han venido acrecentándose para estudios de la línea de investigación CTS, ciencia-tecnología sociedad, y aunque en su abordaje se retoman aspectos de contenidos disciplinares, estos no son tenidos como un eje central para el debate, por el contrario, dichos aspectos suelen mezclarse con asuntos de índole económico o político (Vallverdú, 2005, p.23).

de una mirada de la ciencia como una empresa humana, es decir rodeada de aspectos complejos, entre estos presentar el conflicto como algo natural en la actividad científica.

En este orden de consideraciones, la inclusión de controversias en el contexto de la enseñanza de las ciencias ha sido sugerida desde la década de los 90's por Matthews (1994) quien plantea que estas permiten “mejorar el conocimiento y comprensión de las formas con que cambian las ideas científicas a través del tiempo y cómo la naturaleza de estas ideas y los usos a que se aplican son afectados por los contextos” (p.256). Es así como vincular los aprendizajes científicos en relación con dimensiones axiológicas del ser humano es posible dado que el contexto histórico en el que se desarrollan los procesos científicos está influenciado por aspectos como los valores éticos que terminan influyendo en la toma de decisiones de parte de los científicos.

En este sentido, varios investigadores sostienen que las CHC son escenarios donde los alumnos pueden plantearse preguntas sobre las acciones humanas (Mendoza, 2017); en otras palabras, se puede a través de las controversias reflexionar sobre las decisiones que tomaron los científicos ante problemas concretos y su forma de desenvolverse en medio de los conflictos. Esto permite que los estudiantes reflexionen sobre el rol del diálogo en la ciencia y en los contextos sociales, aspecto que se desarrolló como un elemento clave para la formación ciudadana).

De igual manera, las CHC permiten que los sujetos valoren de forma crítica la presencia de diferentes perspectivas para la explicación de un fenómeno, lo que evidencia la pluralidad del ser humano como una dimensión individual, que en términos de formación ciudadana está ligado a la reflexión sobre los juicios de valor y la imposición violenta de unas maneras de ver y pensar ante la diversidad de pensamiento existente.

Como un caso paradigmático de las CHC, se presentará a continuación uno de los episodios de la historia de la ciencia en el cual se enfrentan dos teorías, la del flogisto y del oxígeno, la cual es abordada a partir de las interpretaciones de algunos historiadores a través de textos de primera fuente como memorias, notas de laboratorio y libros de aquellos científicos que se han considerado representativos para el desarrollo de la controversia.

### ***2.3.1 El caso de la CHC entre las teorías del flogisto y el Oxígeno***

Aproximadamente durante el siglo XVIII primó en la mayoría del colectivo de pensamiento de las comunidades científicas una teoría denominada del flogisto, la cual ofrecía una conectividad explicativa para los fenómenos de la combustión y la calcinación de las sustancias. Diferentes historiadores reconocen al alemán George Stahl (1659-1734) como científico precursor de la misma; sin embargo, otros sostienen que dicha teoría fue desarrollada en complementariedad con su maestro Joachim Becher (1635-1682). Se ha optado en este estudio por describir la perspectiva de teórica de Stahl tomando algunas de las interpretaciones realizadas por historiadores como Serres, (1994), Hricko, (2017) y Pérez (2020).

El flogisto era concebido como un compuesto esencial que estaba presente en sustancias como aceites, grasas, madera, carbón y otros combustibles como el azufre, y podía pasar a la atmósfera o a cualquier otro cuerpo capaz de combinarse con él; asimismo, entre sus cualidades se destacaba que no podía observarse ni tampoco dividirse. En la Figura 2 se presenta un esquema que ilustra la forma en que se planteaba que el flogisto intervenía en los procesos de transformación de las sustancias por combustión.

## Figura 2

*Esquema de la Teoría del Flogisto. Lecaille (1994, p.5).*

Metal (calentado al aire) → cal metálica (actualmente óxido metálico) +  
flogisto

Azufre (calentado al aire) → ácido vitriólico (actualmente ácido sulfúrico  
o anhídrido) + flogisto

De forma complementaria, en la teoría del flogisto actuaban “tres agentes mecánicos fundamentales para el cambio de propiedades químicas: 1. El fuego (ponía en movimiento la tierra flogística). 2. El aire (arrastraba las partes más volátiles de los cuerpos). 3. El agua (como disolvente ponía en movimiento las partes de la disolución)” (Castillo y Arteaga, 2014, p.303). Es importante prestar atención al concepto *aire*, (dado que, en la teoría posterior a Stahl, se obtienen conclusiones disimiles sobre este, esto en relación con el carácter individual de los diferentes gases, entre ellos el oxígeno), que en esta teoría se aborda como un elemento que actúa de modo indirecto

en la combustión, únicamente como transportador, captando el flogisto según abandonaba la madera o el metal y transfiriéndolo a alguna otra cosa.

La teoría Sthaliana fue adoptada por un colectivo de pensamiento al que pertenecían científicos reconocidos como J. Priestley (1733-804), J. Becher (1635-1682) y H. Cavendish (1731-1810), entre otros. Es así, que se suele encontrar referencias en textos históricos donde a los científicos anteriores son nombrados como sthalianos o flogistas. Asimismo, algunos autores argumentan que el éxito y aceptación de la hipótesis del flogisto estuvo en que no entraba en conflicto con ninguna de las grandes metafísicas de la materia y permitía explicar numerosas transformaciones, además de que por primera vez “se establece una explicación para 2 procesos que carecían de conectividad explicativa: el de la combustión y el de la calcinación” (Gallego et al., 2015, p.245).

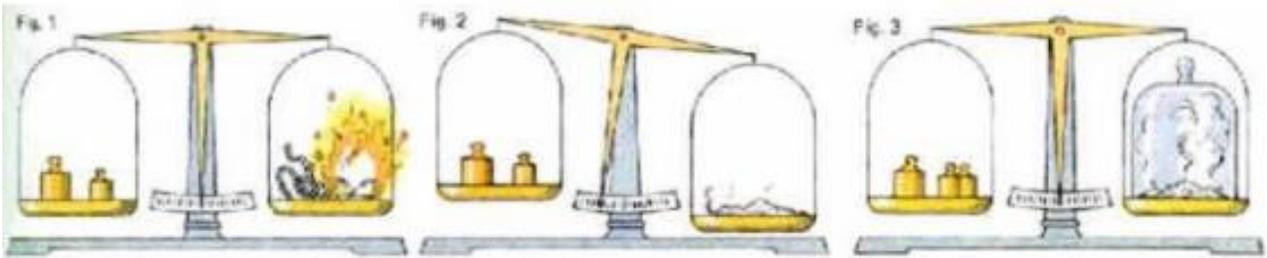
Sin embargo, a la teoría del flogisto se opusieron algunos científicos, cuyos argumentos estaban centrados en resultados experimentales que contradecían lo planteado teóricamente por Stahl; en particular sobresalían preguntas acerca de lo que acontecía con el peso de sustancias como el azufre luego de la combustión. Los científicos se cuestionaban sobre cómo era posible que una sustancia con flogisto pesara más luego de que este la abandonara a través de la combustión. Lo anterior parecía poner en aprietos a la teoría del flogisto, ya que entre sus explicaciones se decía que el flogisto se liberaba tras la combustión, lo que hacía que se esperaba que al no tener dicha sustancia los residuos pesaran menos de lo que pesaban al inicio.

Entre las pruebas experimentales realizadas por otros científicos, encontraban que los pesos eran menores en los residuos de sustancias como la madera, el papel y la grasa, pero cuando se quemaba sustancias como metales, estos se enmohecían (proceso de oxidación), al pesar los residuos se encontraba que su peso era mayor que en el estado original. Estos hechos experimentales no concordaban con lo que la teoría proponía. Para visualizar esta idea en la Figura 3 se presentan algunos de los procedimientos experimentales que se adelantaron para comprobar las anomalías descritas, en cuanto al aumento de peso de los metales, tal como se observa en la imagen del medio, donde se observa que la balanza indicaba un aumento de peso. Al igual, muchos otros científicos experimentaron utilizando materiales como papel, carbón, y metales, variando sus experimentos en sistemas abiertos y cerrados.

Frente a lo que ocurría con la teoría de Stahl, Kuhn (1971) sostiene que la ciencia en su etapa normal puede presentar *anomalías* las cuales se van acumulando, las cuales corresponden a contradicciones entre las observaciones, predicciones y los resultados de los experimentos, hasta que el cúmulo de estas hace estallar las teorías predominantes.

### Figura 3

*Montajes Experimentales para analizar el peso de las sustancias. (Pérez, 2014).*



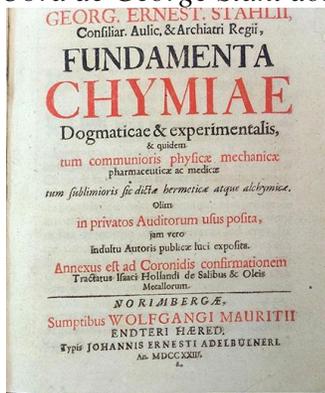
Ante las anomalías planteadas para la teoría del flogisto, la comunidad defensora de dicha teoría planteó nuevas explicaciones. Una de ellas consistió en referirse a que el flogisto tenía un peso negativo, tal como lo propuso Guyton de Morveau (1772) en su memoria titulada Disertación sobre el flogisto, donde el científico sostenía que la presencia o ausencia de flogisto era la causa real de la disminución o aumento de la gravedad de los cuerpos que podían combinarse con él, afirmando que “el flogisto no puede gravitar en el aire porque es esencialmente volátil. Al ser liberado por un cuerpo, se elevaba inmediatamente en el aire y comunicaba su volatilidad a los cuerpos con los que se combina” (Morveau, 1772, como se citó en Wisniak, 2003, p.184). Sin embargo, esto no resultó del todo válido para muchos científicos, surgiendo nuevos interrogantes tales como ¿Cómo podían tener menor peso algunas sustancias si el flogisto se liberaba durante la combustión? ¿Por qué en el caso de la madera sí se daba una pérdida de peso al arder? ¿Es que acaso había dos tipos de flogisto, uno con peso positivo y otro con peso negativo?

Cabe destacar que las anteriores preguntas fueron planteadas por muchos científicos, los cuales desarrollaron experimentos con la intención de encontrarle sentido a los resultados experimentales y a la teoría del flogisto, teniendo como punto de partida los conceptos y explicaciones ofrecidas por Stahl; los científicos de la época habían tenido acceso a este conocimiento por medio de cartas y libros, donde Stahl describía con detalle sus ideas acerca del

flogisto y las experiencias que lograban explicarse a través del mismo, uno de ellos se aprecia en la Figura 4.

#### Figura 4

Obra de George Stahl donde expone la Teoría del Flogisto.



Además, Stahl escribió el libro *Fundamenta chimiae dogmaticae et experimentalis* en 1723, el cual “gozó de gran divulgación y consulta por parte de químicos reconocidos” (Gallego et al., 2015). Posteriormente con su *Tratado del azufre*, traducido a diferentes idiomas, permitió que la comunidad científica conociera sus experimentos. A continuación, se presenta un fragmento del *Tratado de azufre*:

Cuando se mezcla ese ácido fosfórico seco con carbón en polvo en una retorta de vidrio y se calienta lo suficiente, una porción del carbón “desaparecerá” y se formará fósforo que tendrá las mismas propiedades que tenía antes de la combustión.

Por otro lado, la restauración de estos metales a su estado natural, o su reducción, muestra que la sustancia inflamable es realmente parte de los metales; por esta reducción los metales recuperan su brillo, ductilidad, densidad y consistencia. En una palabra, para hablar claro, por reducción les devolvemos el principio inflamable que había sido eliminado por calcinación (Stahl, 1766 como se citó en Katz, 2016, p. 22).

En la anterior comunicación, se aprecia como el científico otorga al flogisto algunas propiedades, una de ellas la capacidad para desprenderse de las sustancias inflamadas, así mismo el científico lograba explicar el proceso contrario referido a la obtención de metales a partir de sus

cales, con lo cual esta teoría introdujo por primera vez, la idea de una supuesta reversibilidad en la materia (Katz, 2016).

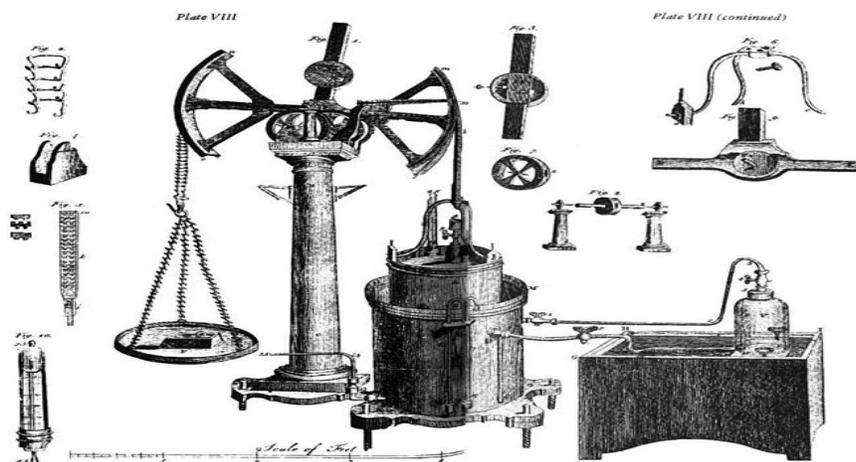
A finales del siglo XIII, el científico Antoine Lavoisier (1743-1794), químico, biólogo y economista francés, a través de diferentes actividades experimentales propone nuevas explicaciones de los fenómenos abordados hasta el momento por la teoría del flogisto. Diferentes estrategias tanto experimentales como comunicativas permiten a Lavoisier construir una explicación sobre los fenómenos de la combustión sin aludir al concepto del flogisto (Martínez, 1992)

Para la comprensión de cómo Lavoisier establece una nueva teoría, es indispensable mencionar que para su época dominaba en las comunidades científicas una perspectiva de pensamiento en relación con la alquimia a la vez que se estaba gestando alrededor de las prácticas experimentales una concepción donde se sugería la necesidad de una metodología cuantitativa más que cualitativa para la observación de los fenómenos. Esta manera de comprender los fenómenos de la naturaleza gestó nuevas formas de pensar en cómo se debía llevar a cabo la actividad científica. Científicos como Boyle (1627-1691) sostenían que “una experiencia, incluso provocada, que no fuera investigada más que por un único hombre no sería un hecho. Si varios hombres, y en principio todos, pudieran atestiguarla, su resultado constituiría un hecho” (Shapin, 1991, p.3). Al parecer, Lavoisier acogió estas concepciones que tuvo Boyle sobre los hechos científicos, pues realizó numerosos y meticulosos experimentos en su laboratorio ante la presencia de científicos, tanto de quienes apoyaban la teoría del flogisto como aquellos que estaban abiertos al conocimiento de nuevas maneras para explicar los fenómenos (Serres, 1994).

Lavoisier conocía los postulados de la teoría de Stahl, dado que esta era enseñada a todo estudiante de ciencias de la época, debido a su auge en el momento histórico; este tenía conocimiento de las anomalías o discrepancias entre la teoría y los resultados experimentales reportados por otros científicos (sobre el aumento de peso en algunas sustancias). Es así, que en 1777 Lavoisier se concentra en estudiar el rol de los gases en las reacciones químicas, para esto dispone de diferentes instrumentos como el aparato de Hales (instrumento utilizado para la recolección de gases, utilizado también por Boyle en algunos de sus estudios), modificado por Lavoisier quien incorpora en sus procedimientos (Ver Figura 5).

## Figura 5

*Instrumentos utilizados por Lavoisier.*



*Nota.* Tomado de Bell (2005/2013). En la figura en el centro se puede observar el aparato de Hales al cual Lavoisier adapta una balanza de precisión.

El 1 de noviembre de 1777 Lavoisier deposita un sobre cerrado en la Real Academia de las Ciencias reportando los resultados de sus experimentos con materiales como el azufre, el cual previamente había sido utilizado por otros científicos para describir anomalías con la teoría del flogisto. El científico describe que “hace aproximadamente ocho días que he descubierto que el azufre, al quemarse, lejos de perder peso, por el contrario, lo aumentaba; en efecto, de una libra de azufre se podía obtener mucho más de una libra de ácido vitriólico, esté aumento de peso proviene de la gran cantidad de aire que se fija durante la combustión y se combina con los vapores” (Lavoisier, 1777, como se citó en Martínez, 1992, p.35).

Es de resaltar que Lavoisier incluye en las explicaciones de sus experimentos el término aire, argumentando que este tiene influencia directa en la reacción combinándose con las otras sustancias, lo cual era contrario a la manera en que Stahl se refería al mismo como un principio que servía de canal para el flogisto. Es destacable que Lavoisier en la anterior comunicación no apela al concepto del flogisto en sus explicaciones.

Asimismo, en sus comunicaciones Lavoisier describe los instrumentos empleados que permitieron darle fuerza a las ideas que ya tenía preconcebidas, específicamente sobre el aire y su influencia en las reacciones químicas de estas sustancias, tal como se aprecia a continuación:

La experiencia ha confirmado totalmente mis conjeturas; he efectuado la reducción de la litargia en vasos cerrados, empleando el aparato de Hales, y he observado que se desprendía, en el momento del tránsito de la cal en metal, una considerable cantidad de aire, y que este aire formaba un volumen mil veces más grande que la cantidad de litargia empleada”. (Lavoisier, 1772, como se citó en Martínez, 1992, p.35)

La anterior cita, corresponde a un fragmento tomado del historiador Martínez, donde se traduce la carta de Lavoisier, en ella el científico realiza descripciones sobre los procesos experimentales e interpretaciones a los resultados obtenidos. Es posible percibir en dicho fragmento una metodología diferente a la empleada por Stahl, dado que sobresalen observaciones cuantitativas en el informe de los resultados. Algunos historiadores como Gallego et al. (2015) sostienen que la decisión de mantener oculta la memoria fue con la intención de “proteger la primacía de sus descubrimientos con cierta antelación al momento de materializarlos” (p.67). Cabe destacar que, en el contexto de la época se estaba planteando para la ciencia la necesidad de pasar a una metodología cuantitativa más rigurosa, amparada en los conceptos de peso, número y medida, esto en respuesta con los nuevos instrumentos que permitían realizar observaciones más precisas, producto de las nuevas miradas hacia la experimentación, parece que Lavoisier hace uso de dichas comprensiones, y utiliza la balanza para realizar cuidadosas medidas antes y después de sus experimentos, “más de año y medio el trabajo experimental de Lavoisier no presenta variaciones apreciables, prueba y comprueba sus datos experimentales, con la intención de no cometer errores, de contar con datos seguros y rigurosos” (Martínez, 1992, p.41)

Además, Lavoisier modificó los procedimientos empleados hasta ese momento, encerrando la balanza en un vidrio transparente o caja de plástico con la intencionalidad de evitar que esta estuviera en contacto con las corrientes de aire tal como se puede apreciar, a las que ya el científico parecía otorgarles una incidencia en el resultado del aumento de peso en los procesos de combustión. Con esta intención, pretendía ser bastante exacto en la toma de sus medidas al igual que le permitía desarrollar explicaciones alternativas en relación con una posible influencia del aire en los pesos de las sustancias (Martínez, 1992). También elaboró adaptaciones al aparato de Hales, incluyendo una balanza tal como se aprecia en la figura 5, donde se evidencia los ajustes a sus instrumentos, lo cual es sumamente interesante dado que el instrumento en este escenario juega un

papel muy importante puesto que respondía a una idea latente en la mente del científico: “la materia, identificada por su peso, se conserva en el curso de las reacciones”. Es así, como durante más de 20 años desarrolla un programa de investigación destinado a cuestionar la existencia del flogisto.

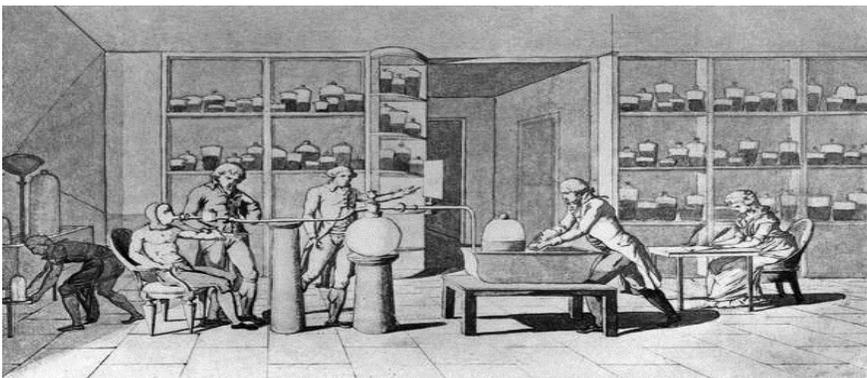
Lavoisier, igual que Stahl, empleó diferentes estrategias para divulgar los resultados de sus experimentos; una de ellas fue la invitación extensiva a científicos miembros de la Real Academia de las Ciencias como MM de Morveau, Simon Laplace, Gaspard Monge, Louis Berthollet & de François de Fourcroy, los cuales presenciaron sus experimentos en su laboratorio.

Se destaca la presencia de Louis Berthollet (1748-1822) quien se había reconocido como partidario del flogisto, aunque con el paso del tiempo “llegó a la convicción de que era una hipótesis innecesaria” (Martínez, 2011, p.1). Es así, que en el laboratorio de Lavoisier convergen sujetos con diferentes perspectivas teóricas, los cuales atestiguaron los experimentos realizados, tal como se puede apreciar en la Figura 6, así mismo en esta se observa a su esposa tomando nota de los experimentos que éste realizaba.

Esta estrategia de atestiguamiento en el laboratorio de los hechos, fue la misma utilizada por el científico Boyle, la cual tenía la intencionalidad de captar adeptos con los cuales poder darle mayor fuerza a las ideas que estaba sustentando por medio de sus procedimientos experimentales. Esta situación evidencia que dentro de las comunidades científicas es posible un intercambio dialógico de unos con otros, sin que exista necesariamente una homogeneidad en las perspectivas.

### Figura 6

*Grabado de Marie Anne Pierrette Paulze en el laboratorio de Lavoisier. (Muñoz, 2016)*



---

*Nota.* Marie Anne se retrata a un costado, tomando nota de los experimentos realizados por Lavoisier ante la presencia de varios científicos.

Durante los años de 1770 y 1772 Lavoisier hizo múltiples experimentos con plomo, estaño y Azufre, esto en respuesta a la anomalía previamente conocida sobre el aumento del peso de los residuos de algunos cuerpos después de la calcinación. Estos hallazgos fueron relatados en textos denominados *Memoria sobre la calcinación de plomo y estaño en una retorta (1773)* y *Memoria sobre el aumento del peso del azufre en un vaso cerrado (1772)*.

A pesar de los esfuerzos de Lavoisier, por defender su perspectiva teórica, aún existía en la comunidad científica muchos pensadores que continuaban apoyando la teoría del flogisto como una manera de ver el mundo; es así como Lavoisier se refiere a la provisionalidad de las teorías invitando a los científicos a mantener una mente abierta ante nuevas propuestas, esto lo expresa en su comunicación denominada “Reflexiones sobre el flogisto” en 1783, (Lavoisier, 1783, citado en Martínez, 1992). Un fragmento de la misma se puede apreciar a continuación:

[...] No espero que mis ideas sean adoptadas en seguida; el espíritu humano se acomoda a una manera de ver, y los que han considerado la naturaleza desde un cierto punto de vista durante una parte de su carrera, no adoptan sino con trabajo ideas nuevas; al tiempo corresponde confirmar o destruir las opiniones que he presentado. En espera de ello, veo con gran satisfacción que los jóvenes que inician el estudio de la ciencia, sin prejuicios, que los geómetras y los físicos que tienen fresca la mente para las verdades de la química no crean más en el flogisto como Stahl lo ha presentado y consideran toda esta doctrina como un andamiaje más molesto que útil para continuar el edificio de la ciencia química. (Martínez, 1992, p.4)

En la anterior comunicación, la cual fue enviada a la Real academia de las Ciencias, Lavoisier describía con mucho detalle los experimentos durante los últimos años. Como aspecto innovador a sus anteriores comunicaciones, algunos historiadores describen que el científico se ha referido de forma directa y en repetidas ocasiones a los partidarios del flogisto, al igual que con sus palabras ofrece contra argumentos a dicha teoría. Esta comunicación es categorizada por los historiadores como una refutación o un ataque directo, de la cual señalan “la polémica se desato el 28 de junio cuando Lavoisier leyó sus reflexiones sobre el flogisto, a pesar de que al comienzo los

académicos le interrumpieron sin cesar, esta memoria, cuidadosamente elaborada y argumentaba hacía trizas aquella idea” (Pellón, 2002, p.45). Además, el científico invita a los nuevos científicos adoptar sus ideas, comentando:

[...] Si en química todo se explica de una manera satisfactoria sin la ayuda del flogisto, esto sólo indica que es muy probable que este principio no exista, que solo sea un ente hipotético, una suposición gratuita; en efecto, es regla de buena lógica no multiplicar los entes sin necesidad. Podría ocurrir que me hubiera contentado con estas pruebas negativas demostrando que se explican menos los fenómenos sin el flogisto que con él: pero es el momento de explicarme de una manera más precisa y formal sobre una opinión que considero un error funesto para la química y que me parece ha retardado considerablemente su progreso debido a la falsa manera de pensar que ha introducido en ella. (p.35)

Como aspectos claves en esta comunicación se puede identificar las expresiones con las que el científico hace referencia al concepto del flogisto como un error funesto para la química, lo que es contradictorio con la mirada de valores los aportes de Stahl como conocimientos que favorecieron los desarrollos posteriores y dieron luces para plantear nuevas hipótesis. Es así como hasta bien entrado el siglo XIX existían aún muchos anti-lavoisierianos que continuaban considerando válida para sus explicaciones la teoría de Stahl ya que con esta podían explicar lo que observaban y las interpretaciones que realizaban (Serres, 1994). Lo anterior pone de manifiesto que en la ciencia es posible que existan diferencias en la interpretación de los fenómenos, ya que estas están ligadas a la carga teórica que se tiene.

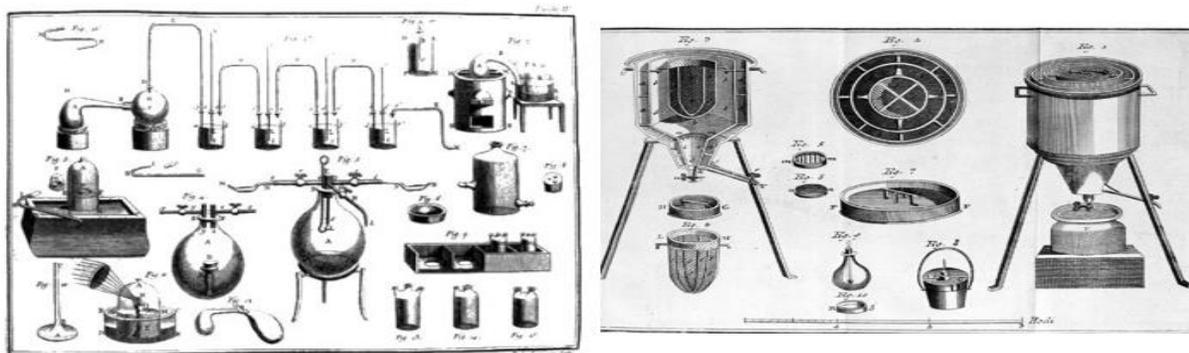
Posteriormente tras la presentación de la Memoria Reflexiones sobre el flogisto, Lavoisier junto con su esposa Marie Anne Paulze Lavoisier, realizaron una celebración en conjunto con varios científicos, dado que para ellos era el comienzo de la nueva química. Los científicos realizaron en dicha celebración actividades como la quema de los libros de Stahl y de otros partidarios del flogisto (Contreras, 2011). Esta situación permite conocer aspectos sobre la personalidad de los científicos como seres humanos influenciados por sentimientos y emociones, y que haciendo parte de un conflicto toman determinadas decisiones (Hricko, 2017).

En la anterior comunicación pareciera que Lavoisier asume una actitud de prudencia y respeto sobre la libertad individual que cada persona tiene para adoptar un punto de vista, sin embargo, hace un llamado a la flexibilidad de pensamiento.

Lavoisier desarrolló muchas de sus actividades en compañía de su esposa, Marie Anne Pierrette Paulze, ella dominaba el inglés, latín y francés por lo que sus habilidades fueron utilizadas en la traducción de varias comunicaciones, algunas de ellas le sirvieron a Lavoisier, para conocer en detalle ideas sobre la teoría del flogisto (Pérez, 2020). Asimismo, tenía habilidades para el dibujo, realizó trece grabados, publicados en libros de Lavoisier como *Opúsculos físicos y químicos* (1773) y el *Tratado elemental de química* (1783). Describe que dichas imágenes esperaban sirvieran de guía a otros científicos para la replicación de dichos procedimientos (véase la Figura 7), donde se puede evidenciar la precisión con la que Marie Anne Pierrette dibuja los instrumentos del laboratorio, como morteros, embudos, matraces, destiladores, hornos y baños de arena, entre otros.

### Figura 7

*Grabados en el Tratado de Química de Lavoisier (Muñoz, 2016).*



Sobre la participación de Marie Anne Pierrette Paulze en la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno, se ha señalado que la mayoría de sus traducciones fueron presentadas de manera anónima, siendo un número bastante reducido aquellas donde aparece su nombre. En particular, sobresale la traducción que realizó a la obra del flogista Richard Kirwan, agregando algunas notas donde ella puntualiza que eran de poca importancia (Pérez, 2020).

Marie Anne Pierrette reconoce la realización de la traducción, pero presenta a Lavoisier como el protagonista indiscutible ante la controversia acaecida con la teoría del flogisto, tal como se señala en el siguiente fragmento:

[...] intentamos que [la traducción] fuera tan literal como la diferencia de idiomas podría permitirlo y expresar de la manera más clara y precisa las ideas del Sr. Kirwan: la extrema exactitud que requieren los temas científicos requiere la mayor severidad en la elección de las expresiones. Pero esta obra no habría hecho avanzar suficientemente la revolución que se está elaborando en Química, y el objetivo de utilidad que se proponía, no se habría completado, si no se hubiera adjuntado a la traducción del trabajo del Sr. Kirwan, las observaciones a las que podría dar lugar [...] El Traductor se ha permitido sólo unas pocas notas sin importancia (Pérez, 2020 p.97).

Entre las obras presentadas por Lavoisier a la Real Academia de Ciencias no aparece publicado dicho texto, aunque es evidente que se realizaron anotaciones directas a la obra del flogisto, principio de inflamabilidad que aún era considerado crucial. Cabe preguntarse si las traducciones y los comentarios de Marie Anne Pierrette permitieron a Lavoisier obtener claridad sobre la perspectiva del flogisto, esto debido a que el científico conoció el texto y logro interpretarlo por medio de la traducción realizada.

Aspectos como la estructura de la comunidad científica y el lugar de las mujeres científicas en la misma, se puede ejemplificar con lo acontecido con Marie Anne Pierrette en la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno, ya que se evidencia cómo los contextos sociales y culturales permean los imaginarios que se tienen sobre la mujer y la ciencia en la época. Específicamente, en el siglo XVIII el rol de la mujer era restringido a rangos de ayudantes científicos, tal como se aprecia en una carta enviada por el economista francés Arthur Young quien describe las actividades de Marie Anne Pierrette como asistente de Lavoisier en su laboratorio; el comenta de ella como “una persona llena de animación, ciencia y conocimiento, nos había preparado un desayuno inglés con té y café... una mujer sensata que trabaja en el laboratorio de su marido sabe tan bien cómo hacer interesantes” (Pérez, 2020, p.96).

Es destacable la influencia de Pierrette en la controversia entre la teoría del flogisto y del oxígeno para que científicos reconocidos tomaran la iniciativa de enviarle diferentes cartas. Por otra parte, en una comunicación enviada por Nicolas-Théodore de Saussure (1767-1845) químico franco-suizo, en una correspondencia enviada a Marie Anne resalta las contribuciones que ella realizó con respecto a la refutación de la teoría del flogisto, declarando lo siguiente:

Usted venció mis dudas, señora, al menos sobre el flogisto, tema principal de la interesante obra de la que me ha hecho el honor de enviarme un ejemplar [...] No puedo evitar encontrar que a pesar de la gracia y la precisión con la que ha devuelto su libro, el honor que le ha hecho, señora, al traducirlo, es desastroso para su reputación. (Kawashima, 2000, p.239).

Sobre lo anterior, se puede decir que las estrategias discursivas de Lavoisier en el contexto de la controversia permiten evidenciar vínculos entre el diálogo y la ciencia, elementos como la divulgación de los conocimientos, el valor de la ciencia como una cuestión pública, son aspectos que pueden ejemplificarse en la manera como Stahl y Lavoisier desarrollaron sus producciones escritas. Este tipo de sucesos pone de manifiesto los comportamientos de los científicos cuando se encuentran en medio de un conflicto.

Las maneras en que Stahl y Lavoisier comunicaron sus desarrollos teóricos, permiten reflexionar sobre la moral y las influencias sociales de los científicos que fueron determinantes en la finalización de la controversia ante la comunidad científica. Sobre este particular, se sitúan como hechos significativos la multiplicidad de experimentos realizados, el establecimiento de vínculos de Lavoisier con reconocidos científicos de la Academia de las Ciencias en la cual el mismo había participado como miembro (Serres, 1994).

En la forma como finaliza la controversia, se evidencia que Lavoisier involucró el oxígeno en su perspectiva teórica como un gas con influencia directa, dado que se combina con los comburentes, esto a su vez fue explicado en el reporte de sus experimentos, determinando que el peso de los productos formados en la combustión y la calcinación, equivalía al peso de los materiales de partida. Estos elementos permitieron que se ostentara la revolución científica, debido a que Lavoisier obtuvo la validación de su teoría por gran cantidad de científicos, incluso en algunos en su día habían estado a favor de la teoría del flogisto, tal como lo expresa Kuhn (1971)

las revoluciones científicas son posible gracias a la reevaluación de hechos anteriores, como los análisis que Lavoisier realizó sobre la perspectiva de Stahl, además del aporte de otros científicos que por medio de las comunicaciones llenaron a Lavoisier de inquietudes y cuestionamientos que se vieron manifestados en el reporte de sus resultados experimentales.

### **3 Metodología**

### 3.1 Paradigma, enfoque y tipo de estudio

La investigación tiene la pretensión de comprender el fenómeno desde los discursos y acciones de los participantes a través de un proceso interpretativo; la investigadora ha sido cuidadosa de no intervenir, manipular o expresar puntos de vista que puedan alterar el normal desarrollo de los sucesos. Por tanto, el estudio se sitúa en el paradigma cualitativo (Hernández et., al 2014). Según las características de este paradigma, no se pretende generalizar, sino presentar significados que permitan evidenciar una forma de comprensión del fenómeno a través de la subjetividad de la investigadora, ya que “el mundo social es *relativo* y sólo puede ser entendido desde el punto de vista de los actores estudiados” (Hernández et al., 2014, p.10).

Es así, que cuando los participantes reflexionan sobre la controversia histórico científica de las teorías del flogisto y del oxígeno como una alternativa de relación con la formación ciudadana, estos proporcionan conocimientos empíricos que contribuyen a la fundamentación del campo de la enseñanza de las ciencias.

Se adopta el enfoque *Histórico-Hermenéutico* sustentado en el paradigma cualitativo; el cual permite “considerar un acontecimiento desde una doble perspectiva; no sólo como acontecimiento objetivo y material, sino como un evento que puede comprenderse e interpretarse” (Habermas, 1985, como se citó en Ortiz, 2015, p.18). Es así como a través del diálogo que los maestros en formación inicial expresan sus percepciones e ideas, las cuales son analizadas e interpretadas por la investigadora a la luz del marco conceptual y desde su propia subjetividad (Espinosa et al., 2011). Este enfoque, traza una orientación metodológica para seleccionar técnicas e instrumentos que posibiliten las interacciones dialógicas de los participantes, lo cual favorece “procesos de interpretación, donde la validez y la confiabilidad descansa en el rigor del investigador” (Cisterna, 2005, p.62).

De igual forma, el método utilizado es el estudio de caso tipo instrumental, se asume apropiado ya que con él se puede profundizar en relaciones causales complejas, que para esta investigación son la vinculación de la formación científica y la formación ciudadana (Stake, 2005). En este sentido, el *caso* lo constituye un grupo de profesores en formación en ciencias naturales, los cuales por medio de sus interacciones dialógicas aportan enunciados claves para el

entendimiento del objeto del estudio. Es así, que con este método se puede conocer cómo funcionan todas las partes del caso, lo cual permite alcanzar una unicidad explicativa a las relaciones causales mencionadas (Ortiz,2015).

Dichas interacciones en el caso son propiciadas a través de la fundamentación en el marco conceptual, bajo el cual se constituyó la propuesta centrada en la controversia histórico científica de las teorías del flogisto y del oxígeno. Siguiendo a Stake (2005), el caso es el medio para la construcción de significados generales y, por ende, es de sumo valor las interpretaciones que se realizaron a las unidades de análisis aportados por los participantes.

### **3.2 Acerca del caso y el contexto**

El caso consistió en un grupo conformado por 12 profesores en formación inicial de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia. Los profesores se encontraban matriculados en el curso “Practica Pedagógica V” durante el semestre 2022-1. Cabe destacar que el grupo con el que se adelantó la propuesta, tenía la particularidad de haber adelantado en sesiones previas del curso, reflexiones sobre el uso de la Historia y la Epistemología de las Ciencias en la enseñanza, en particular ya se habían desarrollado algunas actividades sobre el rol de las CHC en la enseñanza de las ciencias. Estos aspectos, encontrados en el contexto de intervención permitieron a su vez la adaptación de los instrumentos, debido a que era necesario que estos generaran interés y motivación hacia los participantes, ya que se era necesario propiciar las interacciones dialógicas entre ellos; fuente primordial para la obtención de los datos de este estudio.

Para la selección del grupo de informantes asociados al caso de investigación se tuvo presente criterios como:

- Que todos los participantes estuvieran en un mismo curso de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia, lo que favorecería asuntos como la organización de los tiempos de los participantes para el encuentro.

- Que los participantes manifestaran un interés y motivación por reflexionar asuntos sobre la formación científica, debido a que esto podría incidir en una buena disposición para participar de las actividades.
- Que el grupo de participantes hubiera cursado, al menos tres prácticas pedagógicas; este criterio debido a que se esperaba que los participantes extrapolaran las reflexiones realizadas a sus maneras de desenvolverse en los ámbitos sociales y uno de ellos es el contexto profesional y laboral como docentes en formación inicial de las ciencias naturales.

Antes de comenzar con la implementación del trabajo de campo, se informó a los participantes acerca del objetivo del estudio y se llegaron a acuerdos con la docente del curso de que la asistencia de los mismos sería de libre elección, sin perjudicarlos con una nota dentro del curso; asimismo se acordó que luego de la primera sesión, si la asistencia era de más del 80% de los participantes se podrían adelantar las siguientes sesiones, pero si la asistencia era menor se cambiaría de contexto de investigación. Esto con el fin de garantizar que los informantes participaran de forma voluntaria en el estudio y que la razón que los mantenía en este era la motivación que le generaba las reflexiones suscitadas en los encuentros. Además, los participantes firmaron un protocolo ético y el consentimiento informado, tal como se comentará en el numeral 3.5 Consideraciones éticas.

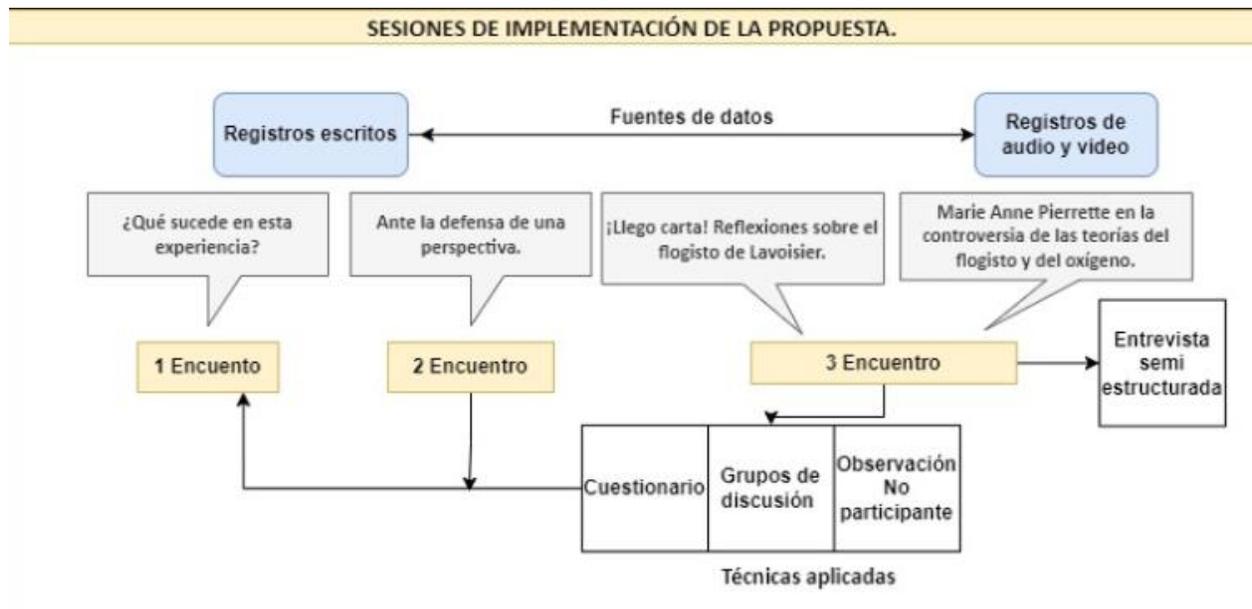
### **3.3 Propuesta de intervención y registro de la información**

Las técnicas empleadas en esta investigación fueron: Cuestionarios, Grupos de discusión, la observación no participante y la entrevista semi estructurada. Dichas técnicas serán abordadas con más profundidad en párrafos posteriores. Para la implementación de dichas técnicas se realizaron 3 sesiones de, aproximadamente 4h de duración cada una. En el primer encuentro se les explicó a los participantes el objetivo del estudio y se procedió a la firma del consentimiento ético y el protocolo informado. Posteriormente en los siguientes encuentros se implementaron los instrumentos. Los encuentros consistieron en dos bloques de trabajo donde en cada uno de ellos se

realizó un grupo de discusión y un cuestionario. Finalmente, para en el último encuentro se realizó la entrevista semiestructurada con los participantes.

Los instrumentos de registro de información fueron: Guías de preguntas abiertas, cuestionarios abiertos, diario de campo, protocolo de entrevista. A continuación, en la Figura 8 se puede observar el desarrollo de implementación de la propuesta.

**Figura 8**  
*Descripción de la Propuesta de Intervención.*



En esta misma línea, se detalla la intencionalidad con la que se aplicaron las cuatro técnicas de la investigación y la forma en como estas se desarrollaron:

*Cuestionarios:* Se apeló a dicha técnica, la cual es utilizada en investigaciones cualitativas debido a que por medio de estos es posible recolectar gran cantidad de percepciones y opiniones, dado que no se limita los argumentos de los participantes a categorías como el sí o no (Hernández et al., 2014, p.20). El instrumento de dicha técnica consiste en una serie de preguntas abiertas, con la intencionalidad de que los participantes proporcionen una información más amplia y esto es útil dado que no tenemos una información previa sobre las posibles respuestas de los participantes además tampoco es de interés tal información, porque se necesita que ellos se sientan libres de plasmar sus opiniones tal como las sienten.

*Grupo de discusión:* Atendiendo a la propuesta de Hernández et al. (2014) los cuales sostienen que con esta técnica es posible conocer el posicionamiento de un grupo en relación con un tema individual. Además, permite que todos los participantes conozcan los argumentos de los demás, favoreciendo la presencia de diversas explicaciones, lo que permite observar comportamientos, actitudes, y disposiciones de los sujetos en la interacción con los otros, de ahí que se constituye un insumo valioso para comprender el fenómeno de estudio. El cuestionario abierto se constituye en el instrumento para la técnica. (Véase la tabla 1).

Es importante destacar que los grupos de discusión permiten según Trujillo et al. (2002), la manifestación de diversas actitudes, esto debido a que los participantes se encuentran en una situación de conflicto (debate entre las ideas); por tanto las maneras en que se establece el contacto dialógico de unos con los otros, el establecimiento de acuerdos y divergencias en las ideas, las habilidades de trabajo en grupo, la escucha activa, el respeto, se conciben como aspectos de interés a observar en los registros de video.

*Observación no Participante:* Con esta técnica se pretendió describir y comprender lo que ocurre con los maestros en formación cuando desarrollan una propuesta fundamentada en el uso de la controversia histórico científica entre la teoría del flogisto y del oxígeno. Esto, es posible debido a que la investigadora afina sus sentidos para el registro de diferentes aspectos, los cuales son descritos en las notas de campo (instrumento).

Por tanto, en el instrumento se plasmaron aquellos aspectos que se consideraron de interés atendiendo a las categorías establecidas en el estudio, en dichos registros se realizan algunas interpretaciones a la comunicación verbal y no verbal de los participantes. (Ver Figura 16)

La selección de esta técnica permite confrontar las proposiciones teóricas con lo observado en campo (Hernández et al., 2014), de ahí que se a medida que se daba la observación se registraron algunos elementos teóricos en dichas notas que permitían situar orientar las interpretaciones a la luz del marco teórico. Así mismos para los registros se tuvo presentes los indicios establecidos en las categorías apriorísticas del estudio. (véase la tabla 1).

*Entrevista Semi estructurada:* Esta técnica tiene las cualidades de ser flexible y abierta, según Hernández et al. (2014) con ella “se logra una comunicación y la construcción conjunta de

significados respecto a un tema” (p.403). Para esta técnica se diseñó un protocolo de entrevista basado en una serie de preguntas cuya intencionalidad tenía recoger impresiones y apreciaciones sobre la propuesta de intervención, estas estuvieron fundamentadas en las categorías del estudio. En la medida que los participantes intervenían se fueron incorporando otras preguntas cuya finalidad era para precisar en algunas ideas que en el momento no habían quedado claras para el investigador.

Dicha técnica fue aplicada en el último encuentro, y su objetivo era comprender con más profundidad los aportes de los participantes. Cabe mencionar que a medida que se iban implementando los primeros instrumentos y se realizaban las transcripciones, surgieron algunos aspectos que no eran del todo claros para la investigadora, por lo que la entrevista permitió comprender con más profundidad los aportes de los participantes. La entrevista se realizó de manera colectiva, y las preguntas fueron contestadas de forma libre por los participantes que decidían tomar la palabra, ya que se asume que de esta manera pueden emerger pensamientos sin que se ejerza presión sobre los mismos.

Las intervenciones de los participantes fueron grabadas en audio y en video, se obtuvieron registros escritos, audio y video, donde se apreciaban contribuciones individuales como grupales. Cabe señalar que los instrumentos aplicados fueron sometidos a validación y legitimación durante el seminario específico III del programa de Maestría de Educación de las Ciencias Naturales, así como en reuniones con expertos al interior del grupo ECCE. En la Tabla 1 se aprecian las actividades realizadas en las sesiones.

Actividades	Descripción	Preguntas claves
1. ¿Qué sucede en esta experiencia?	Se presentan situaciones experimentales sobre el fenómeno de la combustión de algunas sustancias como madera, papel y un metal, cuya intencionalidad es que los participantes argumenten sus explicaciones y las discutan con sus compañeros en la búsqueda de una construcción colectiva.	<p>¿Cuáles son los argumentos que utilizarían para explicar lo que sucede en cada una de las situaciones experimentales? ¿Qué otros procedimientos consideran que deberían aplicarse en la realización de estos experimentos?</p> <p>¿Cómo lograron establecer un consenso para la explicación de las tres situaciones propuestas? (Identificar en lo posible aquellos aspectos que consideran que les facilitó el consenso).</p>
2. Ante la defensa de una perspectiva.	Se presentan dos fragmentos elaborados por el científico Stahl y Lavoisier donde ambos describen parte de su metodología experimental. Se acompaña este material de imágenes de instrumentos y materiales. Se busca que los estudiantes interpreten las perspectivas de los científicos y defiendan una de estas ante todo el grupo, para lo cual deberán elaborar una comunicación gráfica.	<p>¿Qué clase de instrumentos de instrumentos utilizarías para comunicar/defender la perspectiva asignada (Stahl o Lavoisier)?</p> <p>¿Por qué realizaron dicha selección? ¿Qué otros procedimientos utilizarían para justificar o defender sus argumentos?</p> <p>¿Cómo fue el desarrollo de la toma de decisiones dentro del grupo?</p>
3. ¡Llego carta! Reflexiones sobre el Flogisto de Lavoisier.	Se presenta el fragmento del científico Lavoisier denominado “Reflexiones sobre el flogisto” (1772). Se pretende con esto que los participantes argumenten sobre el carácter dialógico del conocimiento científico para la movilización de una perspectiva teórica, pretendiendo asimismo que las ideas sobre la forma en cómo se utiliza la comunicación en situaciones de conflicto permitan analizar otros ámbitos sociales.	<p>¿Cómo consideran que influye el estilo de comunicación que empleaba Lavoisier en la organización de la comunidad científica y en su comprensión y apropiación sobre los conocimientos producidos?</p> <p>Si ustedes necesitaran hacer una defensa de sus ideas sobre un tema científico (disciplinar) ante colegas, ¿qué aspectos considerarían aplicar para la comunicación efectiva de estas ideas? Describan y justifiquen por qué esas estrategias comunicativas son adecuadas.</p> <p>Lavoisier mantuvo en secreto ante la comunidad científica las explicaciones y conocimientos producidos inicialmente. ¿Qué consideraciones tienen (causa, pertinencia) acerca de esta forma de proceder de Lavoisier?</p>
4. Marie Anne Pierrette en la controversia de las teorías del flogisto y del oxígeno.	Se propone la lectura de una infografía compuesta de unas comunicaciones enviadas a Marie Anne Pierrette de personajes ilustres en su época donde describen algunas de las actividades llevadas por la mujer, algunas de éstas en relación con los estudios desarrollados en la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno. Se tiene como intencionalidad propiciar una reflexión sobre el papel de la mujer en el proceso de construcción del conocimiento, llevando dichas discusiones a la contemporaneidad.	<p>¿Cuáles son sus consideraciones acerca de las actividades realizadas por Marie-Anne Pierrette Paulze en la construcción del conocimiento en la controversia de las teorías del flogisto y oxígeno?</p> <p>¿Qué piensan acerca de las opiniones de los científicos a las actividades realizadas por Marie Anne Pierrette Paulze?</p> <p>¿Qué piensan acerca del papel que ocupa la mujer hoy en el día en el proceso de construcción del conocimiento científico? Describan y justifiquen sobre aquellas representaciones que consideran hay sobre la mujer en el campo científico.</p>

**Tabla 1**  
*Descripción de las actividades implementadas*

### 3.4 Sistematización de la información

A partir de la información registrada por medio de los diferentes instrumentos, se pasó a la transcripción de todos los registros de audio, video y de los cuestionarios desarrollados por los participantes. Para la sistematización de toda la información registrada, se determinó que lo más adecuado era manejar determinados códigos tanto para nombrar a los participantes, como para las técnicas y preguntas (Tabla 2). Por tanto, desde la sistematización de las transcripciones se empiezan a indicar los siguientes códigos:

**Tabla 2**  
*Sistema de Codificación de las Unidades de Análisis*

Código	Significado
P	Los participantes del estudio, nombrando desde el participante P1 hasta P12.
EQ	Los equipos de trabajo. Los participantes fueron distribuidos hasta conformar máximo 3 equipos, por tanto se tiene desde el Equipo EQ1 hasta EQ3.
C	Cuestionarios, desde el cuestionario C1 hasta C4.
GD	Grupos de discusión, desde grupo de discusión GD1 hasta GD4.
E	Unidad extraída de la Entrevista semi estructurada.
pg.	Indica el número de la pregunta. Es decir, había instrumentos con hasta 3 preguntas, entonces aparece pg1-pg2-pg3.

A modo de ejemplo, la codificación P1: (EQ3-GD4-pg2) indica que se trata de la unidad de análisis enunciada por el participante 1 (P1), que pertenecía al equipo 3 (EQ3), extraída de la técnica del Grupo de discusión 4 (GD4), cuya respuesta era sobre la pregunta 2 (pg2). Se destaca que los códigos se aplican dependiendo si corresponde a una unidad de análisis por participante o por equipo. En el caso de la técnica de los cuestionarios, en aquellas preguntas en relación con consensos se utilizó el código de Equipo (EQ) debido a que se entiende que la expresión o el párrafo consignado fue un acuerdo en común entre todos los participantes, a menos de que en este se indiquen observaciones en referencia con algo que haya mencionado un participante en particular.

Es importante destacar además que, luego de la lectura de todas las transcripciones de la información registrada solo se seleccionaron aquellas unidades de análisis que a la luz de la interpretación como investigadora se consideraron relevantes para el estudio. Asimismo, para la transcripción de la información, se siguieron algunas de las convenciones propuestas por Gail (1894). Para lo cual se asignaron algunos símbolos (Ver Tabla 3).

**Tabla 3**  
*Simbología utilizada en la Transcripción*

Símbolo	Significado
[...]	Es un fragmento de un discurso mucho más largo.
[ ]	Comentarios del transcriptor, en su mayoría utilizados para indicar una aclaración sobre una palabra faltante u observaciones sobre el contexto donde acontece el argumento presentado.
<u>Subr</u>	Indica que el participante realizó aumento el tono de voz para indicar la expresión.

A modo de ejemplo, se trae a colación una de las transcripciones realizadas en la segunda sesión, cuya técnica empleada fue el grupo de discusión.

2:47. P1: Además la manera en que él se comunica con los otros [Lavoisier], basado en argumentos que se desprenden de sus propias investigaciones.  
3:05. P7: si, un caso de eso, es que vea por ejemplo lo que decía [Macquer]. Este hombre era flogista, y él fue el que hizo esta reseña, él dice que Lavoisier ha sometido todos sus resultados a medición, cálculo y balanza, método riguroso que felizmente, ¡felizmente para la química!, comienza a ser indispensable en la práctica de esta ciencia. O sea, alguien que era flogista, y que de por medio de nuevas razones ya paso a defender a otro, acá se ve como Macquer paso a pensar diferente. Transcripción (EQ1-GD3).

Es importante señalar que las transcripciones de audio se utilizó la aplicación Podcastle, la cual utiliza inteligencia artificial. Esta aplicación permite identificar las voces de varios participantes, además de que aísla el ruido externo favoreciendo la calidad en el reconocimiento

del audio. De la transcripción y codificación de la información, se adelantó el proceso de análisis, para lo cual se diseñaron una red de categorías apriorísticas que guardan íntima relación con los fundamentos teóricos abordados en este estudio.

### 3.4.1 Red de categorías de análisis

Es importante destacar que las categorías se constituyen en “la expresión orgánica que orienta y direcciona la construcción de los instrumentos recopiladores de la información” (Cisterna, 2005, p.65). Una vez realizadas las transcripciones, se inicia el proceso de categorización, es decir se seleccionan aquellas unidades de análisis que tienen correspondencia con los tópicos seleccionados (categorías), los cuales son planteadas a partir de los fundamentos teóricos y los objetivos del estudio.

El diseño de las categorías permitió a la investigadora analizar los registros de los datos obtenidos buscando una correspondencia y consistencia en los discursos, comportamientos, actitudes y disposiciones de los participantes hacia estos tópicos, los cuales fueron fundamentales en la recolección y organización de los datos. Tal red de categorías se presenta a continuación.

**Tabla 4**  
*Red de categorías e indicios*

Categorías	Indicios
<b>La experimentación como escenario de pluralismo.</b>	Reconoce que a partir de una misma situación experimental ocurren diversas explicaciones. Identifica en la discusión de diferentes perspectivas una manera de construir colectivamente el conocimiento. Reconoce en el uso de diferentes instrumentos la forma de justificar una perspectiva teórica.
<b>Comunicación como base para la alteridad</b>	Reconoce que los argumentos de los demás influyen en la transformación de sus razonamientos. Reconoce al otro como interlocutor válido en la interacción dialógica. Reconoce el valor de las estrategias discursivas que utilizan los científicos para convencer a otros sobre sus ideas. Identifica que los discursos científicos están permeados por valores, antivalores e intereses.
<b>Comunidades científicas como ejercicio para la participación e inclusión</b>	Reflexiona sobre el rol de la mujer en la controversia y lo extrapola a otros ámbitos sociales. Cuestiona actitudes y estereotipos sobre el rol de la mujer. Ofrece una posición sobre las relaciones entre ciencia, género y sociedad.

En la anterior tabla se presentan aspectos retomados de los fundamentos teóricos, en donde se articulan contenidos epistémicos y no epistémicos de la NOS en correspondencia con aspectos de la formación ciudadana. Por ende, la misma ha permitido la elaboración de los instrumentos para la intervención con los participantes; la selección de “hechos” asociados a la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno, tienen vínculo directo con los contenidos abordados en las categorías.

Los indicios, por su parte, permiten dar cuenta de las formas en que se significaron cada una de las categorías y por ende permite la selección intencionada de las unidades de análisis que se encuentren en correspondencia con las descripciones plasmadas para estos.

### ***3.4.2 Proceso de análisis e interpretación de la información***

El análisis de la información se realizó por medio de dos técnicas. Por una parte, el análisis cualitativo de contenido (Piñuel, 2002), que consistió en realizar interpretaciones a las producciones escritas, individuales y grupales de los participantes, esto con la intencionalidad de interpretar en dichas comunicaciones expresiones latentes que requieren de un análisis más profundo para ser develadas, a la luz de los indicios que se plantearon previamente en la matriz de categorías; para este proceso, se implementaron los pasos planteados por Piñuel (2002) que incluye “selección de la comunicación que será estudiada, selección de las categorías que se utilizarán, selección de las unidades de análisis, y selección del sistema de recuento o de medida” (p.7).

De igual forma se implementó, el análisis categorial sugerido por Cisterna (2005), el cual consiste en “la elaboración y distinción de tópicos a partir de los que se recoge y organiza la información. Para ello distinguiremos entre categorías, que denotan un tópico en sí mismo” (p.64). En este proceso como investigadora asumo un rol determinante, al asignar significados a las unidades de análisis y ubicarlos dentro de los tópicos seleccionados; a este proceso se le conoce como categorización. En concordancia con las categorías planteadas se diseñó una matriz de análisis, que permitió sistematizar las unidades de análisis seleccionadas, en relación con sus correspondientes categorías e indicios (ver Tabla 6). A continuación, se presenta, a modo de ejemplo, algunas de las unidades de análisis seleccionadas y categorizadas.

**Tabla 5**  
*Relación de las categorías con los Indicios.*

Categoría.	Indicio.	Unidad de análisis.
La experimentación como escenario para el pluralismo.	Reconoce que a partir de una misma situación experimental ocurren diversas explicaciones	<p>P6: [...] ¿Cómo hace entonces para ganar ese peso los metales? ¿Cómo es eso que dices que se une al oxígeno? Porque... pues a simple vista uno piensa que el peso debería ser menor, porque el metal se ve menos.</p> <p>P4: Bueno, yo entiendo que cuando se forma el óxido, el oxígeno empieza a generar enlaces y se convierte en óxido férrico o ferroso, dependiendo de la cantidad de oxígeno disponible. Al haber esa interacción con el oxígeno, [el metal] gana peso. Es como si Juan [nombre ficticio, refiriéndose al participante P.5] es el hierro y yo llego y me uno a él [risas] entonces molecularmente tiene algo que le está agregando peso, aunque físicamente se vea como que se está desgastando.</p> <p>P.5: ¿Entonces soy el agregado del oxígeno?, entonces lo que ocurre, es el peso del oxígeno más el [del] hierro. (EQ2-GD1).</p>
Comunicación como base para la alteridad	Reconoce al otro como interlocutor válido en la interacción dialógica.	<p>EQ3: Nosotros debatimos que primero debíamos estar preparados ante contra argumentos y pensar la manera para salir ante estos con el discurso, es decir pensar que nos podían preguntar desde la otra perspectiva, además de cómo iba a ser nuestra forma de responder. (C3-pg2).</p>
Las comunidades científicas como ejercicio para la participación e inclusión.	Reflexiona sobre el rol de la mujer en la controversia y lo extrapola a otros ámbitos sociales.	<p>P4: Yo he notado y he visto en mi experiencia en la universidad, una idea predominante de que las mujeres son más tesas [tienen más capacidades] para las ciencias sociales y los hombres para las exactas, eso se ve en la cantidad de hombres que eligen para la carrera de ingeniería y en la cantidad de mujeres que estudiamos una licenciatura, o una carrera de ciencias sociales. También lo veo en el dinero que les invierten a esas carreras, eso también ayuda en que la mayor parte donde más se le invierte, ellos van a tener salarios más altos que nosotras. La idea para mí, para lograr una sociedad más equitativa, es por ejemplo que los hombres pueden participar de las ciencias sociales y las mujeres pueden ingresar a las ciencias exactas. (EQ3-GD4-pg2).</p>

### ***3.4.3 Triangulación de la información***

En cuanto al proceso de triangulación empleado para el análisis de la información se implementaron tres formas: triangulación entre diversas fuentes de información, con el marco teórico y con expertos (miembros del grupo de investigación ECCE) (Cisterna, 2005). Esto se realizó con el objetivo de generar asertos sólidos y generales sobre la información (se considera asertos a las similitudes entre las unidades de análisis), los cuales permitirán comprender relaciones entre las concepciones y significados de los maestros en formación inicial cuando discuten sobre los aspectos planteados para cada una de las categorías establecidas en el estudio. La triangulación con el marco teórico permite que los hallazgos de este trabajo sean analizados bajo la mirada de los conceptos e ideas de diferentes autores en un ejercicio hermenéutico riguroso, por el que se intenta comprender el objeto de estudio de este trabajo.

En el caso de la triangulación entre diversas fuentes de información, esto fue posible dado que se aplicaron diversos instrumentos, que nos permitió acercarnos a la forma en que percibían las situaciones los participantes desde diferentes maneras. Para la realización de este tipo de triangulación las unidades de análisis se organizaron en una matriz donde era posible visualizar las respuestas de los participantes tanto de los cuestionarios como las de los grupos de discusión.

También se utilizó la estrategia de juicio entre pares, para la validación de estos procesos interpretativos, dado que en espacios de formación de la Maestría en Ciencias en el curso del seminario III de la maestría en educación en Ciencias Naturales de la UDEA, se socializaron avances con respecto al ejercicio interpretativo entre el marco teórico y las unidades de análisis, así como el establecimiento de la postura de la investigadora, con el fin de que otros pudieran apreciar el proceso y comentar sobre la coherencia investigativa y la rigurosidad. Además, en el seminario de investigación del Grupo ECCE, se discutieron avances en cuanto a los hallazgos obtenidos, al igual que se afinaron y validaron los instrumentos de registro de la información.

### **3.5 Consideraciones éticas**

En esta investigación se tuvo presente principios éticos, esto ligado a acciones como la presentación a los participantes del consentimiento ético y el asentimiento informado, donde se describen de

manera clara y explícita asuntos como la no obtención de beneficios económicos ni académicos por su participación, la aceptación de que sus producciones escritas y orales puedan ser analizadas y presentadas en diferentes eventos académicos, y la aprobación para ser grabados y fotografiados durante los encuentros (Ver apartado

Protocolo de Compromiso ético y Acta de Consentimiento informado para participantes). Así mismo, se explicita a los participantes el uso que se dará a los datos, además de permitirles que durante los encuentros los estudiantes se sientan libres de no realizar comentarios sobre alguna pregunta donde se sientan que dicha información no deba ser divulgada. De igual forma, se aplicaron compromisos retomados del código de ética en Investigación de la Universidad de Antioquia (2016) donde se sostienen que se debe:

Respetar la propiedad intelectual con el debido reconocimiento según las contribuciones de los actores que llevan a cabo la investigación; Referenciar correctamente el trabajo de otras personas, entidades u organizaciones. El investigador se compromete a no plagiar, copiar o usurpar otras investigaciones y publicaciones. Gestionar el proceso investigativo -desde el protocolo hasta la obtención de los datos y los resultados- como la evaluación ético – científica, con responsabilidad, seguridad, transparencia y veracidad. Difundir los hallazgos de la investigación de manera abierta, completa, oportuna y razonable a la comunidad científica y a la sociedad en general, sin perjuicio de observar la debida reserva frente a información confidencial. Cumplir a cabalidad su papel en la investigación sin abrogarse logros que no se correspondan con las responsabilidades asumidas, ni incurrir en prácticas de suplantación o encubrimiento con el fin de obtener un beneficio para sí o para un tercero. (p.2)

En cuanto al protocolo ético y consentimiento informado, este fue retomado y adaptado de un formato utilizado por el grupo ECCE para esta clase de investigaciones. De igual manera, se asume que la ética debe ser transversal a todo el proceso; en particular en la redacción de la fundamentación teórica, se ha tenido precaución con la utilización de citas, cuidando en detalle de

no ir a omitir referencias, asimismo se tuvo presente visitar páginas de uso libre en cuanto a las imágenes utilizadas, entre otros aspectos que son de sumo valor para garantizar las normas éticas de este trabajo investigativo. Estos aspectos, fueron discutidos en el curso intersemestral sobre Ética en la Investigación de la Maestría en educación en ciencias naturales de la UDEA, semestre 2022-2, en el cual participó la investigadora. En estos encuentros se reflexionó sobre diferentes asuntos con la intencionalidad de que el estudio lograra vincular los principios éticos necesarios.

Es importante destacar que se hizo devolución a los participantes de la investigación de hallazgos parciales, esto con el fin de que ellos conocieran las interpretaciones realizadas a sus discursos y obtener una retroalimentación de parte de ellos que permitieran complementar y afinar los hallazgos del estudio.

## **4 Hallazgos**

Los hallazgos que se presentan en este capítulo se han organizado en términos de las categorías propuestas para el estudio, las cuales son la experimentación como escenario para el pluralismo, la comunicación como base para la alteridad y las comunidades científicas como ejercicio de participación e inclusión. A continuación, se presentan a profundidad los análisis realizados a cada una de estas.

### **4.1 La experimentación como escenario para el pluralismo**

Esta categoría está fundamentada en el rol que tienen la experimentación cualitativa exploratoria en la construcción de una relación de interdependencia entre teoría y experimento. Estas ideas, difieren con una mirada clásica del experimento, en donde se concibe el mismo como un elemento para la verificación de la teoría. Asimismo, se significan los instrumentos de laboratorio como un nexo o canal de comunicación entre los pensamientos y aquello que denominamos la naturaleza. De igual forma, se retoman algunos aspectos de la sociología de la ciencia, donde se propone que las prácticas experimentales son un escenario de construcción social de conocimiento, debido a que en estas se debaten diferentes miradas acerca de los fenómenos, lo cual es altamente valioso para evidenciar como en la ciencia es posible el establecimiento de diferentes posturas, aspecto vinculante con la dimensión ciudadana del pluralismo. Dichas ideas se han soportado en planteamientos de autores como Duhem (2003), Hacking (1996), Ferreirós y Ordóñez 2002, Latour y Woolgar, (1995), Romero et al. (2016), también se considera clave los aportes de Arendt (1993) y García (2017) debido a que estos desarrollan cuestionamientos acerca de la formación de sujetos pluralistas.

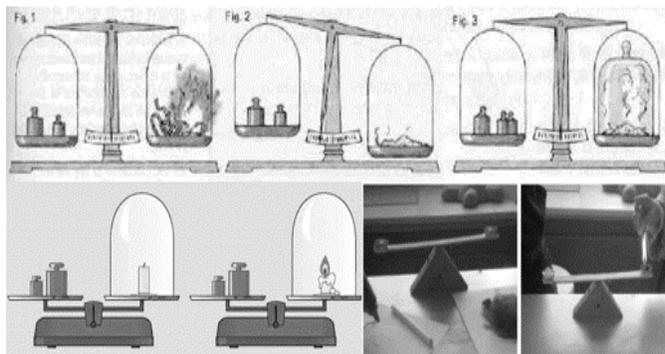
A continuación, presentan unos indicios que responden a los planteamientos teóricos descritos, y que a su vez permitieron categorizar las unidades de análisis. Estos son:

- Reconoce que a partir de una misma situación experimental ocurren diversas explicaciones.
- Identifica en la discusión de diferentes perspectivas una manera de construir colectivamente el conocimiento.
- Reconoce en el uso de diferentes instrumentos la forma de justificar una perspectiva teórica.

Teniendo en cuenta el fenómeno de la combustión y calcinación de las sustancias, objeto de estudio por parte de dos perspectivas teóricas, la del flogisto y de forma posterior la del oxígeno, se presentó a los participantes en la primera sesión de la implementación tres imágenes que corresponden a situaciones experimentales, donde ocurre la combustión de materiales como madera, vela y un metal, en un sistema abierto y cerrado (ver Figura 9).

### Figura 9

*Situaciones Experimentales planteadas a los participantes*



La actividad planteada tenía como propósito que los participantes explicaran ante sus compañeros lo que ocurría en cada experimento, a partir de la pregunta ¿Qué crees que pasa con el peso de la sustancia tras la combustión? Posteriormente, los participantes debían construir explicación en común (véase el apartado Actividad 1).

Las correspondientes explicaciones enunciadas por los participantes sobre el peso de los metales tras la combustión son contradictorias, como se evidencia en la explicación aportada por el equipo EQ2, a través del siguiente diálogo:

P4: Y, cuando se quema el metal, yo creo que también [el peso] debe disminuir porque cuando se queman las cosas estas pierden masa al cambiar de estado... y se ven más pequeñas.

P5: No, es que mira, también tenemos que pensar en que pudo haber empezado apenas la reacción; además, el metal está en un sistema cerrado y aunque se sabe y uno ve que existen algunos residuos que indican la pérdida de las sustancias, tal vez no existe cambio en el peso... además para eso está la balanza [indicando que debería de usarse]. (EQ2-GD1).

Según los argumentos presentados el participante P4 sugiere que debe haber una disminución del peso del metal, esto lo justifica en aspectos observables de los fenómenos de combustión como la disminución de la cantidad de material cuando este se quema. Sobre este tipo de explicaciones Martín del Pozo (2001) expresa que hay dependencia de los aspectos perceptivos en este tipo de fenómenos, ya que, al observar por medio de los sentidos, especialmente la vista, que la materia ha cambiado, la perspectiva explicativa a nivel micro es mínima. Por tanto, se observa como el participante P5 duda de que las observaciones macroscópicas sean razón suficiente para indicar una disminución del peso, por lo que propone “tal vez no existe cambio en el peso”, sugiriendo que es necesario pesar el metal en la balanza luego del proceso de combustión.

La anterior situación permite percibir que los sujetos ofrecen explicaciones distintas a pesar de que analizan el mismo fenómeno; en palabras de Fleck (1896) se puede considerar que los participantes P4 y P5 poseen estilos de pensamiento individuales, es decir elaboraciones intelectuales sobre conceptos como masa, cambio de estado, y peso, cuya significación influye en la forma de ver y entender las situaciones experimentales. De igual manera, Duhem (2003) establece que en la interpretación de los fenómenos las explicaciones pueden ser contrarias debido a que los conocimientos de los sujetos están influenciados por sus concepciones.

En esta misma línea, el participante P.1 utiliza en sus argumentos el concepto de “cambio químico” para interpretar el fenómeno. La siguiente unidad de análisis se considera llamativa, debido a que cuando se comparó con otras unidades, dicho concepto no había sido mencionado en otros grupos ni por otros participantes. Por tanto, esta situación se interpreta a la luz de los planteamientos de Latour y Woolgar quienes establecen que los vínculos entre las relaciones

conceptuales y experimentales condicionan la interpretación de los fenómenos (1995). Esto lo podemos apreciar en la forma en como el participante P.1 explicita su posición a partir de lo que él entiende por cambio químico.

[...] P1: Sí, aunque se observen residuos que indican la pérdida de sustancia, no hay variación en el peso; es decir, aunque la madera ha cambiado su aspecto es esa misma. A ver cómo les digo... Se ha transformado, pero en esencia es la misma. Si medimos su peso en el recipiente cerrado debe ser el mismo, porque la combustión es un cambio químico, ¿Me entienden? Se transformó, pero ahí sigue. (EQ1-GD1).

Cuando el participante P1 expresa “a ver cómo les digo, se ha transformado, pero en esencia es la misma”, se infiere que él asume que la materia puede sufrir transformaciones donde se afecta su forma, sin que esto implique un cambio en el peso. De igual forma, a medida que desarrolla su punto de vista parece mostrar interés en que sus ideas sean comprendidas por sus pares, esto se aprecia cuando dice ¿Me entienden? Es a través de esta expresión que se interpreta que el participante P1, demuestra una actitud abierta a que sus compañeros presenten sus razones. Esta disposición del participante a comunicarse con sus compañeros, es beneficioso para el estudio, debido a que se asume desde el pensamiento de García (2017) que una comunicación fluida favorece al pluralismo, es decir, un sujeto que brinda la confianza para que los demás opinen sin sentirse violentados o juzgados, sirve de ejemplo a otros, lo que contribuye a transmitir un imaginario colectivo de que en las sociedades es posible concertar, tratar en común las diferencias.

Otro aspecto que sobresale en las discusiones de los participantes fue la relación que le otorgaron a los conocimientos previos como teorías, leyes, experiencias en la realización de las interpretaciones realizadas al fenómeno. Un caso particular se presentó al interior del equipo EQ3 donde el participante P4 utiliza en sus explicaciones el conocimiento que tiene sobre las reacciones de óxido reducción para justificar el aumento de peso del metal, lo que parece causar interés en uno de sus compañeros. Esto se puede observar con más detalle en la siguiente unidad de análisis:

[...] P6: ¿Cómo hace entonces para ganar ese peso los metales? ¿Cómo es eso que dices que se une al oxígeno? Porque... pues a simple vista uno piensa que el peso debería ser menor, porque el metal se ve menos.

P4: Bueno, yo entiendo que cuando se forma el óxido, el oxígeno empieza a generar enlaces y se convierte en óxido férrico o ferroso, dependiendo de la cantidad de oxígeno disponible. Al haber esa interacción con el oxígeno, [el metal] gana peso. Es como si Juan [nombre ficticio, refiriéndose al participante P.5] es el hierro y yo llevo y me uno a él [risas] entonces molecularmente tiene algo que le está agregando peso, aunque físicamente se vea como que se está desgastando.

P5: ¿Entonces soy el agregado del oxígeno?, entonces lo que ocurre, es el peso del oxígeno más el [del] hierro. (EQ2-GD1).

En la unidad de análisis se percibe que el participante P6 tiene desconocimiento sobre la manera en que ocurre la ganancia de peso de los metales por la interacción con el oxígeno, esto se infiere por su expresión “¿cómo es eso que dices que se une al oxígeno?”. Cuando el participante P6 solicita a su compañero más información sobre su perspectiva, se aprecia cómo el sujeto contempla que hay otras maneras de entender lo que sucede más allá de las observaciones a simple vista. Estos resultados permiten entender cómo esta perspectiva de la experimentación se constituye en un escenario en el que es posible generar consensos entre las ideas, esto debido a que “en el círculo hermenéutico de salir de sí mismo, pensar con el otro y volver sobre sí mismo como otro, redundando en una transformación que hace variar lo que se era originalmente” (García, 2017, p.13).

Esta movilización de pensamiento puede distinguirse cuando el participante P5 finalmente asume la perspectiva de su compañero como válida, puntualizando “entonces lo que ocurre, es el peso del oxígeno más el hierro”. Así mismo, el participante P6 que inicialmente solicitó que le explicaran con más detalle la interacción del oxígeno con el metal termina aceptando como suficiente dichas explicaciones, ya que comenta:

P6: [...] puedo decir que al comienzo no hubiera podido explicar lo que ocurre con el peso del metal porque no lo sabía tan científicamente [...] pero con la explicación que me dan entiendo que pasa eso. Bueno, yo simplemente decía se quemó, y al quemarse asumo que tuvo una interacción con el fuego y que hizo que su peso se incrementara, pero creo que

podemos dar esa explicación en común para la situación de los metales, le encuentro como más lógica. (EQ2-GD1).

Los resultados anteriores permiten afirmar que a través este intercambio de razones propiciadas por la situación experimental, permite que los sujetos construyan explicaciones colectivas, es decir construyan conocimiento a partir de la discusión, esto se aprecia cuando el Participante P6 expresa “con la explicación que me dan entiendo que pasa eso”, de lo cual se interpreta que el individuo por medio de la interacción con los otros ha incluido en su perspectivas las razones ofertada a través del otro.. De tal manera se observa como la actividad experimental propuesta ha permitido el despliegue de la variedad de explicaciones dadas por los participantes, generándose una situación de debate, esto es altamente valioso para la formación de sujetos que se preparan para desenvolverse en una sociedad pluralista (Arendt, 1993).

En esta línea, cuando se les pregunta a los participantes por ¿Cómo lograron establecer los argumentos finales para la explicación de las tres situaciones propuestas?, en el equipo EQ1, los participantes manifiestan lo siguiente:

P3: Cuando debatimos sobre la situación experimental en recipientes cerrados encontramos que la mayoría coincidíamos en una misma explicación, pero teníamos la dificultad de que una de nuestras compañeras no estaba de acuerdo. Lo que sucedía es que nosotros nos basamos en el conocimiento de algunas leyes, pero ella estaba en desacuerdo sobre el peso de las sustancias y argumentaba desde lo experiencial, decía que había observado cosas distintas cuando presenciaba los fenómenos; a través del diálogo logramos explicarle nuestro punto de vista y llegar al consenso para escribir nuestras respuestas. (EQ1-C1-pg3)

En el anterior párrafo se advierte que inicialmente no existe un acuerdo homogéneo entre las formas de pensar de los participantes, cuando expresan “teníamos la dificultad de que una de nuestras compañeras no estaba de acuerdo”; Por tanto, se concluye a partir de las unidades de análisis presentadas, que cuando los individuos manifiestan sus posiciones en relación con situaciones experimentales, estas pueden ser diferentes a las de sus pares; y es a través del diálogo, que ocurre una construcción social de explicaciones, como lo establece el equipo EQ1, quienes sostienen que finalmente lograron llegar al consenso.

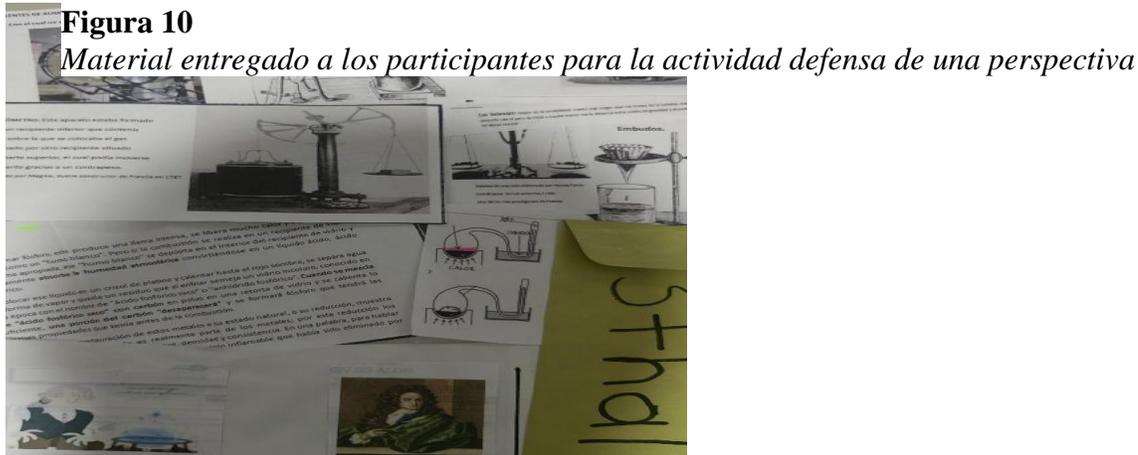
Complementariamente a las situaciones comentadas, en la segunda actividad desarrollada se denominó “Ante la defensa de una perspectiva”, por medio de ella los participantes debían defender la perspectiva Stahl o la de Lavoisier. Para esto los participantes fueron divididos en cuatro equipos y a cada uno de ellos se les hizo entrega de un fragmento donde el científico describía sus procedimientos experimentales y las ideas que tenía en relación con la combustión y calcinación de las sustancias.

De modo general, se presenta un fragmento del libro del tratado del Azufre de George Stahl, en la cual el científico describe los procedimientos experimentales y los instrumentos utilizados para el estudio sobre la transformación de las cales a los metales de partida y cómo estos lograron recobrar las propiedades metálicas como brillo, ductilidad y maleabilidad (Katz, 2016). Los resultados obtenidos en sus experimentos eran interpretados a partir de la presencia de la sustancia del flogisto. Cabe destacar que Stahl pertenecía a un colectivo cuya cosmovisión adoptaba elementos de la corriente filosófica cartesiana; a partir de la cual se proponía la presencia de datos empíricos basados en la observación y el sentido común.

Por otra parte, se utiliza un fragmento del libro Opúsculos físicos y químicos de Lavoisier en 1773, en el que se describen algunos de los resultados experimentales realizados en el estudio sobre el aumento de peso de las cales (óxidos metálicos). Se destaca que esta situación era una anomalía de tipo experimental que se había encontrado hace tiempo y que entraba en conflicto con los planteamientos de la teoría del flogisto. En los párrafos del fragmento, se aprecia un estilo de pensamiento opuesto al de Stahl, donde la mayoría de las observaciones de Lavoisier están centradas en el registro de datos de variables cuantitativas como el peso, el volumen, temperatura y la presión de las sustancias. Asimismo, el científico explicita la cantidad de veces en las que realizó el mismo experimento, esto coincide con una mirada que se trataba de proclamar en la época, en el que las ciencias naturales debían ser más empíricas, que se confiase más en la experimentación y menos en la razón pura; es así como posiblemente Lavoisier influido por estas ideas, adopto su método de investigación.

Tales fragmentos presentados estuvieron acompañados de figuras de instrumentos y objetos tales como hornos, matraces, retortas, pinzas, morteros, gasómetros, lentes de aumento para

combustión, balanzas antiguas de orfebre, balanza de precisión, carbón, madera, azufre y metales (véase Figura 10).



Teniendo en cuenta estos materiales, se propone a los participantes las siguientes preguntas ¿Qué clase de instrumentos utilizarías para comunicar/defender la perspectiva asignada (Stahl o Lavoisier) ¿Por qué realizaron dicha selección?

Pongamos por caso, al equipo EQ1, encargados de la defensa de la perspectiva de Lavoisier, los participantes establecen como acuerdo, que el científico tenía una idea previa sobre la influencia del peso de los gases antes y después de la combustión, tal como se percibe en el siguiente fragmento:

P1: Nosotros además vamos a utilizar un gasómetro. Como pueden observar acá, lo utilizamos para pesar el volumen del gas antes y luego de la combustión, debido a que tenemos la idea de que en un sistema cerrado no debe haber pérdida de materia, demostrando que, si variamos la cantidad de gas, el incremento de peso en las sustancias coincide con el gas que absorben.

P2: y además... bueno, no usamos cualquier instrumento, lo fuimos adaptando poco a poco cuando íbamos replicado una y otra vez los experimentos; esto con el fin de apreciar si en efecto el volumen del gas era estable (EQ1-GD2).

La anterior unidad de análisis presenta una reflexión sobre el rol que desempeña el instrumento en la construcción de explicaciones teóricas, donde el participante P1 sugiere que la elección del instrumento del gasómetro responde a un supuesto previo concerniente a la idea que, en el proceso de combustión, los gases interactúan con los otros materiales, alejándose de asumirlos meramente como un medio donde se efectuaría el proceso, tal como lo asumían los partidarios de la perspectiva del flogisto. Por tanto, el instrumento ha sido determinante, debido a que no sólo permite obtener datos, sino que a través de su uso y adecuación del fenómeno posibilita la organización y formulación de las explicaciones teóricas; con relación a esta idea, el participante P2 expresa “lo fuimos adaptando en la medida poco a poco... esto con el fin de apreciar si en efecto el volumen del gas era estable”. Estos argumentos ofrecidos por el participante P2 se corresponden con el fundamento teórico propuesto por Hacking (1996) quien sostiene que en los procesos experimentales la organización del fenómeno por medio de los instrumentos permite dar sentido a la teoría, en este caso es posible pensar que el experimento no solo actúa como verificador de teoría, sino que este ha permitido desarrollar explicaciones alternativas.

Por otra parte, en la justificación sobre la selección de los instrumentos, evidenciamos que el participante P1 representante de la perspectiva de Lavoisier interroga al participante P3 representante de la perspectiva de Stahl, sobre la decisión de no utilizar la balanza en sus procedimientos experimentales, (Figura 10). Sobre el uso de dicho instrumento los participantes sostienen el siguiente diálogo:

P1: ¿Por qué ustedes no han utilizado la balanza, tal como nosotros lo hicimos? No lo sé, creo que deben presentar datos exactos si quieren que les creamos, un cambio de color no es suficiente; o bien ¿cómo explican lo del aumento de peso de los metales? (EQ1-GD2).

P3: Nosotros no la necesitamos, ¿para qué la vamos a usar? Acaso no notan que nuestro flogisto es una sustancia que al tener peso negativo es tan ligero [debido a su escaso grosor o densidad] que no puede ser determinado por este instrumento.

P1: Entonces pueden usar una balanza de precisión.

P3: El flogisto para nosotros es un principio que puede escaparse fácilmente, pasar los vidrios del recipiente, por tanto, no es posible calcular su volumen [y peso]. (EQ3-GD2).

En la anterior unidad de análisis observamos que los participantes han comprendido las perspectivas a defender y están expresando argumentos coherentes en relación las mismas, de tal manera que el participante P3, representante de la perspectiva de Stahl, ofrece apreciaciones cualitativas sobre el fenómeno, comentando “es tan ligero que no puede ser determinado”; por lo que se asume que desde los posicionamientos de Stahl, las observaciones están determinadas por el sentido común donde tienen alta relevancia la experiencia y los sentidos, es a través de este pensamiento que Stahl cree que la materia que tiene poco grosor o densidad su peso será siempre despreciable (Serres, 1994), por ende medidas tan mínimas no van alterar ningún resultado.

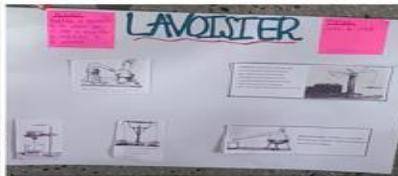
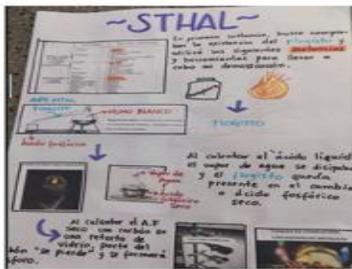
De igual manera, se observa cómo el participante P1 representante de la perspectiva teórica de Lavoisier comenta que es necesario el uso de “la balanza”, debido a que en el estilo de pensamiento de Lavoisier, el método experimental debía ser de carácter cuantitativo, en este sentido las observaciones cualitativas no eran suficiente, la participante P1 en su comentario “deben presentar datos exactos si quieren que les creamos, un cambio de color no es suficiente” parece incorporar las ideas de Lavoisier cuestionando como conocimiento válido aquel producto de observaciones a través solo de los sentidos. De igual manera, es posible a través de lo comentado en la unidad de análisis que al instrumento en la perspectiva de Lavoisier se le asigna una intencionalidad, esto es conforme a que es usado para falsar una teoría. Por tanto, esto se vincula con los planteamientos de Ferreirós y Ordóñez (2002) quienes sostienen que los instrumentos han surgido de las descripciones y observaciones intencionadas en relación con el interés de la época, al igual que con actividades ligadas a la búsqueda de soluciones a problemas.

En el escenario de intercambio de posturas sobre las perspectivas, se identificó que los equipos establecían preguntas los unos a los otros, asimismo se plantearon contra argumentos, esto ejemplificado en la manera como el participante P1 interroga al integrante de la perspectiva de Stahl sobre ¿cómo explican lo del aumento de peso de los metales? Bajo este contexto, se considera que un escenario de debate permite a los sujetos evidenciar lo diverso que puede ser el pensamiento humano, asimismo tal como lo indica Arendt (1993) para la construcción de sociedades pluralistas es necesario favorecer escenarios de conflicto, con la intencionalidad de que los sujetos se aprendan

### **Figura 11**

*Comunicaciones gráficas elaboradas por los participantes.*

a desenvolverse en esas interacciones, propiciando la reflexión sobre el diálogo como mecanismo posible y opuesto a la violencia.



Entre los resultados, se resalta los cuestionamientos que hacen los participantes sobre las maneras de experimentar realizadas por los científicos, en particular aquellas relacionadas con Lavoisier. Para esto se retoma lo planteada por Steinle (2002) quien propone que en la actividad científica suele ocurrir que cuando no se tiene una base teórica bien desarrollada, los científicos apelan a la búsqueda de regularidades empíricas y de construir los conceptos adecuados por medio una experimentación cualitativa exploratoria. Algunos de los fundamentos presentados sobre la experimentación cualitativa son descritos en el siguiente diálogo:

P1: Lavoisier parece que al comienzo deduce que la postura teórica de Stahl fue válida en su momento, cuando incluye algunas de sus ideas en la realización de sus experimentos, sin embargo, le toca empezar a modificar las variables y a incluir otros instrumentos, pero este conocimiento permitió que Lavoisier considerara otras posibilidades en sus experimentos lo que desembocó en una nueva perspectiva (EQ1-GD2).

P11: Sí, él [Lavoisier] tenía como una idea en la cabeza, aunque su forma de hacer el experimento era como extraño, a ver para mí es como hacerlo a la inversa, tener primero unas ideas e ir explorando con los materiales, además para eso tuvo que emplear diferentes sustancias incluso algunas que se habían empleado y comunicado en la teoría del flogisto. Entonces él dijo: Si yo calculo este peso del agua y calculo el peso del gas me va a dar el

peso inicial de lo que tuve al inicio, y pudo después de experimentar mucho, finalmente decir: ¡dicho y hecho! (EQ1-GD2).

En los párrafos anteriores se aprecia cómo los participantes comentan el proceso experimental desarrollado por Lavoisier, dichas reflexiones no se centran solo en la teoría, tal como menciona Ferreirós y Ordóñez (2002) una experimentación cualitativa permite una reflexión sobre las condiciones en las que se realizaron los experimentos y como éstos permitieron llegar a las teorías. En este sentido el participante P11 manifiesta “además para eso tuvo que emplear diferentes sustancias incluso algunas que se habían empleado” lo anterior permite evidenciar que Lavoisier amplia, varía y complejiza los experimentos. Estos discursos manifiestan visiones de la actividad experimental, unas de ellas cercanas a la idea clásica de que la experimentación solo es posible por medio del método científico, donde todo debe ser cuantificado, y otras donde se incluyen elementos como los intereses del científico, las ideas previas, la heurística y la creatividad (Romero, 2017).

Partiendo de los supuestos teóricos de una perspectiva de experimentación exploratoria, se le pregunto a los participantes sobre ¿Qué otros procedimientos realizarían en sus experimentos sobre la combustión si quisieran hacer una defensa de sus ideas? En este particular el participante P6 propone la utilización de un solo material, pero variando las condiciones del ambiente; sin embargo, el participante P5 manifiesta que es posible explorar con diferentes materiales porque tiene la idea de que esto puede contribuir a darle más validez a las ideas, esta distinción entre ideas se presenta a continuación:

P6: La modificación que yo haría es que no colocaría elementos diferentes, sino que colocaría el mismo elemento y lo colocaría ambos en un ambiente abierto como en uno cerrado.

P5: ¿Y si utilizamos diferentes elementos? Podríamos partir de lo que obtuvimos para justificar nuestras ideas.

P6: [...] Sino que considero que es problemático usar tantos elementos, que una vela, que madera o que otra cosa, porque los resultados pueden variar, yo quemaría la misma vela en un sistema abierto y en uno cerrado, debido a que, si otros quieren repetir el experimento, esto lo hago porque mira que debemos justificar porque lo hacemos, es decir dar la teoría, y con más materiales puede que sea más complejo lo que les den a ellos.

P6. Bueno, entonces no utilicemos tantos elementos, estemos de acuerdo en escoger dos que nos ayude a explicar lo que queremos decir. (EQ2-GD1).

Ante esta situación el participante P6 asume la posición de querer utilizar un solo elemento en su experimento, por lo que expresa “considero que es problemático usar tantos elementos”, mientras el participante P5 sostiene que sería útil variar los elementos. Lo ocurrido puede comprenderse bajo la mirada teórica de García (2017) quien defiende a través del diálogo es posible zanjar y trascender en los conflictos debido a que esto abre la posibilidad para que los sujetos logren acuerdos y a partir del reconocimiento de lo diferente y de las visiones que se tienen en común.

Luego de los análisis sistemáticos descritos en esta categoría, se considera que existen diferencias en las maneras en como los sujetos interpretan un mismo fenómeno en una práctica experimental. Se considera que sus estructuras teóricas y las experiencias sensibles por las que han transitado permean la estructuración de explicaciones; ante lo disímiles que eran los posicionamientos, los participantes utilizaron la argumentación como un mecanismo para mediar el conflicto producido por el establecimiento de posturas contrarias. Este factor fue determinante para establecer la relación entre la experimentación y la formación del pluralismo. Cabe anotar que, en el ejercicio de las actividades, los participantes demostraron actitudes de respeto y escucha activa, esto les permitió el conocimiento de otras explicaciones, las cuales en algunos casos fueron interiorizadas y planteadas como válidas u en otros desechadas por no compartir aspectos en común.

#### **4.2 La comunicación como base para la alteridad**

En consonancia con la fundamentación teórica presentada en el apartado 2.1, a través de esta categoría se asume al conocimiento científico como un proceso ligado a las interacciones dialógicas entre las comunidades científicas. En su abordaje se pretende generar reflexiones sobre el papel que desempeña los procesos de argumentación y la influencia con el desarrollo de la ciencia, esto a partir de situaciones contextualizadas por medio de la controversia histórica científica del flogisto.

Dichas situaciones se justifican en autores como Henao y Stipcich (2008), Toulmin (2003), Latour y Woolgar (1995); Fleck, (1986), quienes a partir de sus planteamientos posibilitan la realización de interpretaciones sobre los aspectos discutidos en esta categoría como lo son el papel de las comunidades científicas en la aceptación de nuevos conocimientos, el empleo de estrategias discursivas, la influencia de valores, antivalores e intereses en el ámbito social de la ciencia, la defensa de estilos de pensamiento en los discursos científicos, entre otros. Dichos elementos permiten que la comunicación y el lenguaje se configuren como parte esencial de la actividad científica. Asimismo, en relación con el propósito de este estudio dichas reflexiones se extrapolan al ámbito de la convivencia social, generando cuestionamientos sobre actitudes y valores que favorecen la convivencia, teniendo como base la pluralidad. Para el establecimiento de estos vínculos se toman los planteamientos de Arendt (1993) y García (2017) quienes resaltan que es necesario para la construcción de sociedad como una obra en común, que los sujetos reconozcan el valor que tiene estar en la presencia y en el diálogo con los otros, para lo cual se requieren algunas habilidades como la escucha activa, la flexibilidad de pensamiento, la capacidad de argumentar, entre otros.

Para esta categoría se han definido los siguientes indicios:

- Reconoce que los argumentos de los demás influyen en la transformación de sus razonamientos.
- Reconoce al otro como interlocutor válido en la interacción dialógica.
- Reconoce el valor de las estrategias discursivas que utilizan los científicos para convencer a otros sobre sus ideas.
- Identifica que los discursos científicos están permeados por valores, antivalores e intereses.

Las anteriores consideraciones permitieron la organización de la tercera actividad, la cual consistía una propuesta de recontextualización de un fragmento del científico Lavoisier denominado “Reflexiones sobre el flogisto” (1772), en el cual el científico expone sus argumentos en relación con su propuesta teórica, además de dirigirse a aquellos científicos que defendían la teoría del flogisto. Con base a la lectura, los participantes de la investigación organizados en grupos

debían discutir sobre las impresiones iniciales suscitadas a partir del texto, para posteriormente llegar a un acuerdo sobre las siguientes preguntas; las cuales fueron formuladas con la intención de comprender que pensaban los participantes sobre cómo ocurre y debe darse en la comunicación (científica) en medio de un conflicto.

- i) ¿Cómo consideran que influye el estilo de comunicación que empleaba Lavoisier en la organización de la comunidad científica y en su comprensión y apropiación sobre los conocimientos producidos? Entendiendo la comunicación como un proceso fundamental y determinante en toda relación social y no solo en la actividad científica, se plantea asimismo el siguiente interrogante.
- ii) Si ustedes necesitaran hacer una defensa de sus ideas sobre un tema científico (disciplinar) ante colegas, ¿Qué aspectos considerarían aplicar para la comunicación efectiva de estas ideas? Describan y justifiquen por qué esas estrategias comunicativas son adecuadas.

Cuando los participantes reflexionan sobre la carta enviada por el científico Lavoisier a la comunidad científica, en el equipo EQ3 luego de debatir internamente sobre la primera pregunta planteada, los participantes describen algunas de las estrategias discursivas utilizadas por el científico resaltando por qué ellos consideran que realizaba dichas actividades. Para ilustrar cómo se han entendido estos comentarios se trae a colación la siguiente unidad de análisis: el siguiente aporte:

EQ3: Es que Lavoisier enviaba diferentes comunicaciones, en unas informaba detalladamente sobre los materiales, procedimientos utilizados, resultados obtenidos, si no miremos la que nos entregaron sobre sus procedimientos experimentales. En esta, por ejemplo, vemos cómo discute sus ideas con las perspectivas de otros autores, lo que le permitía tener diferentes puntos de vista para comparar y validar su experimentación con la teoría, incluyendo también una serie de dibujos de los instrumentos usados de tal manera que otros pudieran observar las modificaciones realizadas. (EQ3-C3-pg1).

Partiendo de lo expresado, se infiere que los participantes del equipo EQ3 establecen un acuerdo para indicar que cada una de las estrategias comunicativas empleadas por Lavoisier tenían una intención, en tanto argumentan que “discute sus ideas con las perspectivas de otros autores”

para posteriormente establecer una pretensión, “lo que le permitía tener diferentes puntos de vista”; al igual ocurre cuando describen que Lavoisier realizada una serie de dibujos, los participantes parecieran que interpretan esta actividad en función de que Lavoisier quería que los demás pudieran replicar sus experimentos, el equipo EQ3 expresa “de tal manera que otros pudieran observar las modificaciones realizadas”. Las posturas se acercan a lo que Henao y Stipcich (2008) consideran como la construcción de explicaciones científicas mediadas por procesos de argumentación. En este sentido, los participantes del equipo EQ3 identifican que los procesos discursivos en las actividades científicas permiten la configuración de ideas en un colectivo.

En esta gestación de ideas que se da en el EQ3, en el marco de pensar sobre los vínculos de la comunicación con la construcción del conocimiento científico, surgen apreciaciones sobre el concepto del “otro”. En este punto, García (2017) plantea que, para favorecer la construcción de paz en la sociedad, es necesario fortalecer el proceso de escucha activa y las capacidades para la negociación, esto permite un ejercicio ciudadano en contra de las actitudes violentas para la imposición de puntos de vista.

De manera complementaria Arendt (1993), sugiere que en los diálogos las personas deberían preservar su identidad, teniendo libertad de ser, sentirse, y expresarse en relación con otros; estos comportamientos están contextualizados en la manera en cómo el científico Lavoisier expresa sus ideas de forma libre, sin embargo, tiene presente al “otro” cuidando con detalle su lenguaje. Este reconocimiento respecto a cómo los demás pueden recibir mis explicaciones, es comentado de igual manera por el equipo EQ2, cuyos integrantes señalan lo siguiente:

P1: Me parece muy acertado [la forma] como Lavoisier se comunicó. Para mí, sí hay pertinencia como hizo las cosas, porque...pues no tenía como datos exactos hasta ese en ese momento, entonces no podía tener la certeza para una publicación definitiva como tal.

P2: Además hay que tener en cuenta que el flogisto siempre permaneció durante mucho tiempo en la mente de las personas y había muchos otros que se aferraban a él.

P1: Sí, el flogisto fue algo muy importante, durante mucho tiempo. Entonces me pone a pensar al llegar un científico de un momento a otro y decir que eso no está bien, eso es

como ignorar los pensamientos de la comunidad en su mayoría, y pues igual, aunque fueran unos pocos. Pues obviamente había que hacer más y él lo hizo. (EQ2-GD3-pg1).

En este comentario, el participante P1 reflexiona sobre cómo se podrían sentir los partidarios de la teoría del flogisto si el científico Lavoisier les digiera de un momento a otro que su perspectiva no es la correcta; al observar por ejemplo la expresión “ignorar los pensamientos de la comunidad en su mayoría”, parece que el participante P1 cuestiona si ser indiferentes ante las opiniones y percepciones de los demás es una estrategia adecuada en la comunicación efectiva de las ideas. Este tipo de reflexiones son claves porque posibilitan una formación para la alteridad; dedicar una parte de nuestro pensamiento para entender cómo el otro tiene su experiencia en el mundo puede permitirnos, ver puntos en común, que según Arendt (1993) pueden inclusive permear nuestros propios pensamientos.

Otros argumentos que se consideran relevantes, fueron aquellos concernientes a la estrategia comunicativa empleada por Lavoisier en relación con el atestiguamiento de las prácticas experimentales. Como lo mencionan Latour y Woolgar (1995), en el laboratorio los científicos no descubren los hechos, estos son construidos colectivamente por medio de la justificación de enunciados, cobrando gran importancia la codificación, corrección, comunicación y discusión entre los miembros que conforman la comunidad científica. Esta idea se complementa con lo planteado por Fleck (1986), quien sostiene que los hechos son percibidos dentro de un estilo de pensamiento, el cual posteriormente puede ser adoptado por todo un colectivo, de tal manera que la ciencia desde esta perspectiva no es constructo formal y estático, sino que es el producto de la interacción colectiva de un grupo de sujetos que comparten un mismo estilo de pensamiento.

Estas concepciones del carácter discursivo y dialógico del conocimiento científico se pueden interpretar igualmente en los enunciados de los participantes cuando dialogan sobre el siguiente contexto<sup>2</sup>:

---

<sup>2</sup> En *Reflexiones sobre el Flogisto* de 1772, Lavoisier describe con detalle sus procedimientos experimentales y los materiales utilizados en el estudio del aumento de peso de los metales tras su calcinación, cuyo asunto se venía permitía debatir la validez de la teoría del flogisto. Sin embargo, el científico solicita a la Real academia de las Ciencias mantener en secreto el contenido de la misiva, hasta que en su libro de 1775 publica dicha memoria. Lavoisier resalta en la comunicación que su trabajo es uno de los más valiosos desde Stahl. (Melogno et al., 2011).

Lavoisier mantuvo en secreto ante la comunidad científica las explicaciones y conocimientos producidos inicialmente. ¿Qué consideraciones tienen (causa, pertinencia) acerca de esta forma de proceder de Lavoisier? A la luz de esta pregunta los participantes del equipo EQ1 comentan:

P11: Con esa estrategia fue muy precavido, porque si él mueve esas discusiones de una vez, él no podría tener argumentos suficientes, y lo que estaba tratando de hacer al pedir que dejaran su carta en secreto, era conseguir tener los argumentos suficientes, para poder sustentar a la comunidad.

P7: Sí, actuó de manera inteligente ya que se curó en salud, además se aseguró de ir teniendo más personas a su favor, asegurándose que todo estuviera más claro antes de compartir completamente sus ideas con toda la comunidad científica, porque ya luego los comparte y él no tiene idea si la comunidad científica lo latiga y le dice eso no es cierto. (EQ1-GD3).

De acuerdo con estos enunciados, se podría considerar que el participante que P11 concibe que los científicos se preocupan por las maneras en que la comunidad científica juzgara sus argumentos, él lo expresa como “para poder sustentar a la comunidad”. En esta expresión se puede percibir que el participante establece vínculos entre la aceptación de los nuevos conocimientos y el rol de las comunidades científicas. De manera análoga lo hace el participante P.7 cuando expresa que Lavoisier pretendía “ir teniendo más personas a su favor” es reconocer la importancia que tiene sobre la validación de los conocimientos la opinión que tienen los demás sobre los mismos. A partir de estos comentarios se percibe que los participantes interpretaron que Lavoisier necesitaba generar las condiciones para que la comunidad científica apoyara sus ideas, esto se afirma con el argumento del participante P7 quien dice “, asegurándose que todo estuviera más claro antes de compartir completamente sus ideas con toda la comunidad científica”

La unidad de análisis anterior permite evidenciar argumentos de parte de los participantes sobre las maneras en que los científicos llevan a cabo la comunicación con los otros, es así que tomando como ejemplo el proceder de los científicos, los participantes emiten un juicio que permite prever que en las relaciones dialógicas en la ciencia es necesario considerar a los otros, pensar en los argumentos que de un colectivo o de un individuo, el cual puede estar en contra de nuestras

posiciones, pone a los sujetos en la necesidad de pensar en buenas razones que permitan movilizar las posiciones de los otros a favor de nuestras miradas, esto a través de la argumentación (Toulmin, 2003).

En relación con los cambios de opinión que se pueden presentar en los científicos inmersos en un estilo de pensamiento (Fleck, 1986), en el equipo EQ1 se precisan elementos interesantes sobre cómo los participantes asumen dichos cambios, al parecer el participante P11 considera “que la forma tan contundente de comunicar sus resultados” es un factor que incide en la transformación de los razonamientos. Estas reflexiones se recogen a partir del siguiente discurso, en donde los participantes comentan un caso en particular referido al científico Macquer quien para ellos ha adoptado una nueva manera de pensar en concordancia con las ideas de Lavoisier, esto se observa en el siguiente discurso:

P1: Además los argumentos que utiliza [Lavoisier] para la comunicación con los otros, se desprenden de sus propias investigaciones, las cuales fueron bastantes rigurosas.

P7: Sí, esto fue tan llamativo. Que vea por ejemplo lo que decía [Macquer]. Este hombre era flogista, y él fue el que hizo esta reseña... mire que eso lo presentan en las notas; él dice que Lavoisier ha sometido todos sus resultados a medición, cálculo y balanza, método riguroso que felizmente, ¡felizmente para la química!, comienza a ser indispensable en la práctica de esta ciencia. Macquer no sólo le reconoce lo de las prácticas experimentales a Lavoisier sino la manera en cómo él incluye los contraargumentos de los flogistas para defender sus ideas. Su uso del lenguaje fue tan bueno, que alguien que era flogista aceptó sus razones y pasó a defenderlo... acá se ve como Macquer es un ejemplo de cómo él logró irlos convenciendo [a los flogistas].

P11: Sí, con eso se ve la forma tan contundente con su discurso, de comunicar sus resultados de forma tan precisa, que fue capaz de hacer que los del caso contrario le dieran la razón. (EQ1-GD3)

Esta unidad de análisis permite apreciar cuestionamientos acerca de cómo se transforma el pensamiento en la actividad científica, en relación con aquellos factores que se consideran son decisivos en dichas transformaciones. Sobre este particular, se ha comentado a través del discurso

de los participantes que las ideas de los científicos conllevan argumentos, contraargumentos y descripciones experimentales, las cuales conjuntamente construyen los discursos de los científicos. En este sentido, el participante P7 afirma “su uso del lenguaje fue tan bueno que alguien que era flogista aceptó sus razones”, de forma complementaria el participante P11 comenta “que fue capaz de hacer que los del caso contrario le dieran la razón”. Por tanto, se aprecia que ambos participantes reconocen que en la actividad científica los sujetos pueden reconocerse unos a otros como interlocutores válidos, es decir es posible escuchar las refutaciones de los demás, y por medio de buenos contraargumentos movilizar un cambio de perspectiva.

Sobre estas dinámicas de presentación de *buenas razones* entre los científicos, Toulmin (2003) la considera como una habilidad que permite emitir argumentos en circunstancias particulares, cuyo interés no se centra en la búsqueda de la verdad sino en dotar al argumento de la mayor presunción posible; él sugiere que quien usa la razonabilidad, intenta recurrir a los argumentos más útiles entre todos los posibles, reconociendo las propias limitaciones, gracias a esta habilidad es que podemos aceptar creencias razonables contrarias, debido a la no pretensión de sentirnos portadores de certeza. Se considera a su vez, que estos elementos son centrales para vincular la comunicación científica con la formación en la alteridad, debido a que en el ejercicio práctico de ofrecer argumentos establecemos relaciones comunicativas y comportamentales hacia los otros, en las cuales los sujetos vivencian habilidades sociales y comunicativas como la flexibilidad de pensamiento, la empatía, el cuidado en el uso del lenguaje en la emisión de juicios; una reflexión sobre las ventajas que tienen dichas habilidades en la sociedad puede favorecer una mirada colectiva hacia la vivencia de la alteridad (Arendt, 1993).

Siguiendo las anteriores ideas, se considera relevante retomar discursos presentados por los participantes en la actividad denominada “Ante la defensa de una perspectiva”(véase el apartado Actividad 2), en esta además de encontrarse apreciaciones sobre los procedimientos experimentales de los científicos, los participantes discutieron acerca de cómo estos utilizaron el discurso como un medio para el establecimiento de consensos en la comunidad científica.

Para el desarrollo de la defensa de las perspectivas (de Stahl o Lavoisier) se evidenció en los discursos de las participantes concepciones sobre las maneras en que debe establecerse los diálogos en situaciones de conflicto, también ante la presencia de contraargumentos participantes

de equipos que compartían la misma perspectiva se apoyaron en el discurso articulando ideas para ofrecer un posicionamiento ante la crítica presentada, tal como se aprecia en la Figura 12

Como instrumento de registro de estas unidades de análisis se toman las anotaciones en el diario de campo DC, así como el registro plasmado en el cuestionario abierto C3, a partir de la pregunta ¿Qué otros procedimientos utilizarían para justificar o defender sus argumentos?

Sobre los consensos a los que llegaron los equipos de las maneras en que consideran adecuado defender las ideas, el equipo EQ3 comenta acerca del papel que tienen los contraargumentos, en situaciones de conflicto entre puntos de vista; frente a esto los participantes comentan:

EQ3: Nosotros debatimos que primero debíamos estar preparados ante contraargumentos y pensar la manera para salir ante estos con el discurso; es decir, pensar que nos podían preguntar desde la otra perspectiva, además de cómo iba a ser nuestra forma de responder. (C3-pg2).

### **Figura 12**

*Actividad Ante la defensa de una perspectiva*



De manera complementaria, a la pregunta sobre las maneras en que se defienden las ideas, los participantes resaltaron como importante el ejercicio de la diplomacia en las prácticas discursivas. Esto se aprecia en los comentarios siguientes realizados por el equipo EQ2:

EQ2: Debemos ante todo ser diplomáticos a la hora de dar una idea sobre un tema científico que quiero defender, porque hay expresiones que, en vez de ayudarnos a mantener la comunicación con los otros, puede hacer que la conversación ya no sea tan calmada, además debemos estar dispuestos a recibir críticas y pensar cómo respondemos ante ellas. (C3-pg3).

La idea anterior pone de manifiesto que cuando se discute sobre el carácter dialógico de la construcción de conocimiento científico, se pueden abordar aspectos relacionados con el establecimiento de críticas a través del lenguaje, en particular, en el equipo EQ2 ha establecido como un acuerdo en común “ante todo debemos ser diplomáticos”; se considera que dicha expresión entraña una forma de pensar sobre la resolución de conflictos por medio de la vía del diálogo. De igual forma, en dicha unidad de análisis, los participantes parecen concebir la importancia de la utilización de un vocabulario adecuado que favorezcan la buena convivencia evitando situaciones de discordia y violencia entre los sujetos. Por el contrario, proponen que en los debates los sujetos deben tener cualidades como la humildad intelectual y la apertura, esto en relación con el comentario “estar dispuesto a recibir críticas”.

Se considera que una mirada sobre la resolución de conflictos a través de la diplomática, es decir por medio del diálogo, se encuentra íntimamente ligado a lo que en este estudio hemos concebido una formación en la alteridad, esto debido a que se espera los seres humanos aprendan a relacionarse con el “otro” y en dicha relación es posible obtener un complemento en las ideas, esto por medio de permitirle a los demás la refutación y los contras argumentos. En particular sobre estos aspectos el participante P2 expone lo siguiente:

P2: Yo creo que, para defender mis ideas, necesito de datos, números, fundamentación pues como experimental... digamos como lo hizo Lavoisier, que uno tenga cómo refutar, pero además de esto, considero que hay que tener en cuenta la diplomacia, ante todo, ser respetuoso con la forma de pensar de los otros. (EQ2-GD3)

Se infiere que el participante P2 percibe el valor del respeto como un elemento fundamental en la defensa de las ideas, para lo cual extrae pensamientos a partir de las interpretaciones realizadas en las maneras en como el científico Lavoisier desarrollo sus procesos de dialogo con la comunidad científica. Por tanto, la unidad de análisis explicita los vínculos que se pueden establecer entre las reflexiones sobre la ciencia y las dimensiones humanas, estas últimas en relación con los comportamientos y actitudes a nivel personal.

De igual manera, cuando en el equipo EQ2 discutía internamente sobre las maneras en que Lavoisier se comunicaba con los demás, los participantes traen a colación cuestiones como el uso

del lenguaje para defender sus ideas ante una comunidad. Estos aspectos se ven reflejados a través de los siguientes comentarios:

P1: Yo digo que el contexto de esa época se prestaba para ciertas maneras de comunicarse, no había como tanta dificultad para decir lo que se pensaba, y tomando en cuenta que Lavoisier no era una persona de clase baja, pues alguien sin importancia. Él era una persona importante como tal, él era un recaudador de impuestos, él tenía dinero y tenía el apoyo de su esposa, igual era un noble. Entonces digamos que también la forma en que como él se comunicaba tenía que ver con su contexto. Él qué va a [ir a]presentarse ante la comunidad científica específicamente donde los de Stahl en plan de mendigar, ¡no mendiga dinero ahora va a ir a mendigar que le crean! Por ejemplo, diciéndoles qué pena con ustedes si le ofenden mi manera de ver las cosas, qué pena, pero eso está mal, porque uno podría decirles miren esa teoría no es lo mejor, yo les vengo a proponer otras maneras.

P2: Si como en plan de ser humilde con la opinión, en este caso ¡humildad jamás! él de una vez dijo esto no sirve, yo también creo que lo que dices influyo para que se comunicara de esa manera. (EQ2-GD3).

En este grupo los participantes analizan aspectos de la personalidad del científico, realizando conjeturas sobre cómo estos aspectos posiblemente influenciaban en la manera en cómo el científico Lavoisier se dirigía a una comunidad defensora de las ideas del flogisto. Esto se percibe cuando el participante P1 sugiere “igual era un noble, entonces digamos que también la forma en como él se comunicaba tenía que ver con su contexto”. Se infiere que P1 asume como un factor determinante el poder económico que ostentaba el científico con las formas en que se dirigía a los demás. Asimismo, el participante parece cuestionar si el científico tenía presente los pensamientos del colectivo a favor de la teoría del flogisto, cuando sostiene que “él qué va a presentarse en plan de mendigar [...]diciéndoles qué pena con ustedes si le ofenden mi manera de ver las cosas”, lo que permite pensar que el participante P1 está reflexionando si en la divulgación de los conocimientos es importante tener en cuenta cómo los demás van a recibir nuestras palabras, es decir si es importante considerar si nuestras expresiones van a causar un sentimiento de malestar o inconformidad en los demás.

Por otra parte, el participante P2 parece sugerir que existen dos maneras en las cuales los científicos pueden dirigirse ante un público. Él propone “ser humilde con la opinión” lo que se interpreta como una sugerencia por cuidar las expresiones al momento de establecer una crítica, esto se ratifica cuando el participante P2 complementa “él [Lavoisier] les dijo de una vez esto no sirve”.

En estas ideas se aprecian aspectos sobre la ciencia, como lo es el establecimiento de colectivos de pensamiento, a través de las maneras en cómo Lavoisier por medio del lenguaje intentaba movilizar una mirada de pensamiento en los demás que estuviera en concordancia con su estilo, es decir con su manera de percibir las cosas. Estos aspectos se fundamentan en los aportes de Fleck (1986) quien sostiene que los científicos intentan consolidar miradas en común en la actividad científica, utilizando diferentes estrategias para dicho fin.

Además, el hecho de que los participantes cuestionen si los científicos debieran preocuparse por cómo los demás reciben sus argumentos, indica que este tipo de actividades parecen conllevar a reflexiones más amplias, como aquellas implicadas en el plano del ejercicio de la ciudadanía, debido a que en los argumentos presentados se ven proyectados sus emociones, pensamientos y sentimientos; esto evidenciado en la manera en la forma en como los redactan, los cuales en su mayoría son presentados en primera persona, lo que puede indicar un ejercicio de introspección y autorreflexión.

Para dar mayor firmeza a estas consideraciones, se presenta finalmente esta otra unidad de análisis, donde el participante P3 parece insinuar que es necesario que en nuestros tiempos los sujetos usen el lenguaje de una manera donde se le permita a los demás una libertad por elegir una perspectiva. Tal como lo señala en su argumento.

P3: Si como nosotros no estamos en los tiempos de Lavoisier, hay que ser muy cuidadosos con la forma de decir las cosas.

P2: Si es como decir respeto tu opinión equivocada, pero la respeto, ¿Listo?

P.1: si igual cada uno piensa las cosas a su manera, podría mejor uno decirle toma en cuenta que te podrías ir por otro camino, ósea darle otras posibilidades. (EQ2-GD3).

Con este argumento, se reafirma lo mencionado hasta el momento, la categoría además de visualizar posturas sobre las maneras en que la comunicación en la actividad científica permite la construcción de conocimiento, generó reflexiones en el ámbito de la formación ciudadana, mostrando concepciones sobre el reconocimiento del otro como interlocutor válido, al igual que la importancia de llegar acuerdos desde el ejercicio de valores que permitan la convivencia pacífica con los otros.

#### **4.3 Las comunidades científicas como ejercicio para la participación e inclusión**

En particular, en esta categoría se asume que el conocimiento científico se construye en colectivo, es decir la ciencia es el resultado de la cooperación entre personas (Fleck 1986; Shapin, 1991). El establecimiento de comunidades científicas ha permitido según Fleck (1986) la adopción de estilos de pensamiento colectivos, tal como él lo sugiere los científicos pueden presentar problemas y conceptos novedosos que los sitúa en la necesidad de requerir del apoyo y la aceptación de alguno o varios de los miembros de la comunidad; sus ideas al ser aceptadas e incorporadas en todo el colectivo, le permiten al científico obtener beneficios para sus desarrollos. Por tanto, se retoman estos fundamentos con la intención de reflexionar sobre el papel de la mujer en el proceso de construcción del conocimiento, considerando hechos históricos donde la misma no ha sido reconocida como miembro de la comunidad científica.

Por consiguiente, desde una perspectiva socio cultural de la ciencia se retoman los aportes de la Historia y la sociología de la ciencia, que permiten develar cómo en las comunidades científicas ha existido una jerarquía del poder cuyo resultado ha situado a la ciencia como una empresa masculina, donde se efectúan procesos de relegación de la mujer en la actividad científica. A partir de estas ideas se presentan algunos hechos de la controversia de la teoría del flogisto y del oxígeno que permiten evidenciar las actividades realizadas por Marie Anne Pierrette (Científica, y esposa de Antoine Lavoisier) en la controversia entre ambas teorías. Asimismo, se tiene la intencionalidad de favorecer una discusión sobre estos aspectos con los participantes, esperando que emerjan discursos asociados a la importancia de la participación equitativa entre todos los seres humanos en esferas como el ámbito científico y social; esto a través de cuestionamientos sobre el establecimiento de estereotipos y situaciones de segregación hacia la mujer.

Para el desarrollo de las anteriores ideas, se utilizan los aportes del sociólogo Fleck (1986), además de los aportes retomados por historiadoras como Rossiter (1993), al igual que los planteamientos de Arendt (1993) quien sugiere la importancia de propiciar en las sociedades igualdad de condiciones para que hombres como mujeres participen en la esfera pública, lo es un principio clave para generar sociedades pacíficas.

Por consiguiente, para el análisis de los discursos de los participantes, se describieron los siguientes indicios:

- Reflexiona sobre el rol de la mujer en la controversia y lo extrapola a otros ámbitos sociales.
- Cuestiona actitudes y estereotipos sobre el rol de la mujer.
- Ofrece una posición sobre las relaciones entre ciencia, género y sociedad.

Atendiendo a los anteriores fundamentos, en la cuarta sesión se les propone a los participantes la lectura de una infografía, la cual contenía fragmentos de dos cartas enviadas a Marie Anne Pierrette (1758- 1836) por científicos reconocidos como MM de Morveau, Simon Laplace (1749-1827), Gaspard Monge (1746-1818), Louis Berthollet (1748-1822) y de François de Fourcroy (1755-1809), los cuales habían sido encargados por la Real Academia de las Ciencias de visitar el laboratorio de Lavoisier y presenciar sus experimentos. Además de las comunicaciones, se incluyeron imágenes de grabados donde se observa instrumental de laboratorio, y en una de ellas a Marie Anne Pierrette tomando notas de un experimento llevado a cabo por Lavoisier en el laboratorio. También se incluyó un fragmento elaborado por la misma Marie Anne Pierrette, donde plasma su opinión acerca de la traducción que realizó a la obra de uno de los flogistas llamado K. Kirwan (1735-1812) (véase el apartado Actividad 4).

Luego de sugerir a los participantes que se dividieran en equipos para realizar un análisis al material suministrado, se propone discutir y llegar a acuerdos sobre los siguientes cuestionamientos:

¿Cuáles son sus consideraciones acerca de las actividades realizadas por Marie-Anne Pierrette Paulze en la construcción del conocimiento en la controversia de las teorías del flogisto y oxígeno?

¿Qué piensan acerca de las opiniones de los científicos a las actividades realizadas por Marie Anne Pierrette Paulze?

¿Qué piensan acerca del papel que ocupa la mujer hoy en el día en el proceso de construcción del conocimiento científico? Describan y justifiquen sobre aquellas representaciones que consideran hay sobre la mujer en el campo científico.

A raíz de las discusiones que se gestaron al interior del equipo EQ1, sobre las actividades realizadas por Marie-Anne Pierrette Paulze en la construcción del conocimiento entre las teorías del flogisto y oxígeno, los participantes de este equipo parecen otorgarle a esta científica el rol de ser la encargada de las relaciones públicas y de la divulgación de los experimentos de Lavoisier. Esta forma de significar sus actividades puede apreciarse en el siguiente comentario:

EQ1: Su papel fue fundamental en la ciencia; logro visibilizar los experimentos de Lavoisier por medio de los dibujos en sus planchas, al igual que las traducciones de obras sobre la teoría del oxígeno que dieron validez a la hipótesis de su esposo. Se encargó también de las relaciones públicas y personales que necesitaba el científico para mostrar sus estudios y obtener financiamientos ante la comunidad científica (C4-pg1).

Se observa en el párrafo anterior, que los participantes del equipo EQ1 mencionan que el papel de Marie Anne fue fundamental en la ciencia en la realización de experimentos y el planteamiento de hipótesis, sin embargo, los participantes no catalogan a Marie Anne como científica, sino como aquella persona encargada de las relaciones públicas; según Rossiter (1993) esta forma de nombrar a las mujeres en la ciencia es una manera de ocultarlas a la sombra del más famoso, y en las descripciones realizadas en la unidad de análisis se infiere que dicho reconocimiento es asignado a Lavoisier. En tanto, esta unidad de análisis permite recalcar la importancia de seguir propiciando espacios para la reflexión sobre las representaciones de la mujer en la ciencia, ya que la indiferencia ante estos temas, puede ser un obstáculo para la formación de ciudadanos sensibles ante problemáticos como la desigualdad de género.

De forma complementaria, se presenta la siguiente unidad de análisis, donde se interpreta que los participantes del Equipo EQ3 consideran la influencia de las comunidades científicas en el reconocimiento de roles de las mujeres en la actividad científica, cuando enuncian el siguiente acuerdo:

EQ3: Consideramos que Marie Anne hizo grandes contribuciones a la teoría del oxígeno, pero la comunidad científica le otorgo un papel secundario dentro de los procesos experimentales, dado que no fue reconocida como científica por parte de los demás, y como era mujer, era solo considerada la cara pública de Lavoisier. (C4-pg1).

Es así como, para el equipo EQ3 las comunidades científicas construyen y legitiman los roles a los que puede acceder la mujer en la ciencia, indicando sobre Marie Anne que ella era conocida como “la cara pública de Lavoisier”. Esta misma idea es resaltada por Pérez (2020) cuando menciona que las mujeres en la historia de la ciencia han sido nombradas con roles de colaboradora, asistente, traductora, editora, ilustradora y secretaria, pero con mucha dificultad se encuentran menciones hacia ellas como científicas. Estas reflexiones llevadas al campo de la formación ciudadana, permiten pensar en lo que acontece en las sociedades cuando ocurre la segregación hacia un colectivo; esto ejemplifica las dificultades que a nivel histórico han tenido que vivir las mujeres para ser nombradas en las comunidades como científicas; debido a que el reconocimiento como un miembro de la comunidad puede favorecer a los científicos algunas garantías, tal como lo propone Shapin (1991) podría permitirles obtener apoyo en las investigaciones, aceptación en sus ideas, financiación, entre otros.

En este sentido, a partir de los aspectos planteados, se puede evidenciar en los discursos de los participantes su explícita reflexión acerca de situaciones de exclusión o discriminación hacia la mujer; sobre este asunto en particular el equipo EQ1 plantea la necesidad de una participación y representación equilibrada de hombres y mujeres en la esfera científica, tal como lo señalan:

EQ1: Consideramos que la mujer tiene toda la capacidad intelectual y física de desempeñarse como científica, o en cualquier área. Hay que seguir luchando ante esta problemática, permitir que desde las escuelas se observe que la mujer ha aportado en la ciencia y esto lo podemos hacer desde nuestro rol de profes; es que debemos educar en los

beneficios que tiene una mayor paridad entre géneros, porque eso les permite a las mujeres igualdad salarial, posibilidad de patrocinios o mayor apoyo en las publicaciones. (C4-pg1).

En las unidades de análisis expuestas por el equipo EQ1 se encuentra que los participantes coinciden en pensar en que ellos pueden aportar al reconocimiento de la mujer en la actividad científica, expresando que “podemos hacerlo desde nuestro rol de profes”. A partir de esta opinión se infiere que las reflexiones suscitadas en esta categoría permitieron que los participantes tomaran un papel activo ante las situaciones expuestas, situándose como agentes que pueden favorecer discursos en las sociedades sobre la paridad entre género. Esto es clave para entender que a través de la formación en ciencias se puede favorecer aspectos de la formación ciudadana.

En este mismo orden de consideraciones, a partir de la lectura de la comunicación elaborada por varios científicos (todos masculinos), quienes comentaban la capacidad discursiva de Marie Anne, el equipo EQ2 reflexiona críticamente sobre dichas observaciones.

EQ2: [...] ella participó activamente en charlas y sus observaciones a la obra de Mr. Kirwan ayudaron a otros científicos a aclarar dudas sobre la perspectiva del flogisto; sin embargo, la manera en que se refirieron a Marie Anne en sus cartas no muestra ese rol que para nosotros fue importante: decir que era buena cocinera o tenía mucha capacidad para hablar es limitar su papel de científica en todo ese asunto. Nos genera malestar que se mencionen estas actividades sobre muchas otras que ella realizó. (C4-pg1).

La reflexión suscitada en el Equipo EQ2 permite evidenciar cómo los participantes analizan las contribuciones de Marie Anne para el esclarecimiento de ideas por parte de los demás sobre la perspectiva del flogisto, tal como lo señalan cuando mencionan que tradujo la obra del flogista Mr. Kirwan; sin embargo ante las intencionalidades de este estudio se torna más relevante observar cómo los participantes emiten un juicio a nivel personal expresando su molestia ante las maneras en cómo se describe el trabajo de Marie Anne, lo que permite inferir que los participantes del EQ2 están cuestionando estereotipos sobre el rol de la mujer. Desde los aportes de Arendt (1993); los seres humanos no deben establecer diferencias para la participación, hombres y mujeres deben ser incluidos en la toma de decisiones y demás espacios de concertación. En este sentido, fomentar diálogos que permitan el rechazo ante situaciones de discriminación y segregación de algún grupo

por medio de reflexiones sobre la NOS estaría contribuyendo a una formación para la participación e inclusión.

De acuerdo con lo anterior, el Participante P5 propone que para la construcción colectiva de conocimiento científico es necesario que las comunidades científicas no realicen distinciones entre hombres y mujeres. Esto se vincula con las ideas de Fleck (1986), quien sostiene que en los colectivos de pensamiento los integrantes se apoyan para la defensa de sus ideas, y entre más adeptos hay en el mismo, el estilo de pensamiento cobra más fuerza. Estas ideas se aprecian en el siguiente comentario:

P5: La historia de la ciencia permite ver cómo muchas científicas tuvieron dificultades para lograr su reconocimiento en las comunidades académicas; esto imposibilitó un mayor avance en los conocimientos científicos, porque no obtenían fácilmente vínculos, inclusive financiación en sus estudios. Para mí, una situación de participación equitativa de hombres y mujeres en la ciencia ayudaría a que se construyan mayores conocimientos, porque no se darían distinciones y todos podrían aportar. (EQ3-GD4-pg2).

En esta unidad de análisis se observa una mirada sobre los colectivos de pensamiento de la época donde Marie Anne Pierrette no era tenida en cuenta como una de sus integrantes; el participante P5 sugiere que esta condición le generó dificultades asociadas con “obtener vínculos... financiación en sus estudios”. Además, el participante P5 resalta que es beneficioso para la ciencia que la mujer sea incluida como par científico de los hombres, debido a que esto favorece la construcción del conocimiento. Se interpreta que el participante P5 cuestiona la segregación que tuvieron mujeres como Marie Anne Pierrette en las comunidades científicas, considerando que “todos” en la ciencia deberían tener igualdad de condiciones. Esta forma de ver del participante se relaciona con un ciudadano que en su modo de pensar considera la importancia del valor del trabajo colectivo.

Otro aspecto que fue discutido en relación con esta categoría, tuvo que ver con las representaciones que se tiene sobre la mujer actualmente en el campo científico. Sobre este particular, emergieron argumentos donde se observó que los participantes describían diferentes estereotipos de la mujer, algunos de ellos en relación con la actividad científica, sin embargo, otros

discursos permitieron ver que existen más estereotipos en otros ámbitos sociales. Para ejemplificar estas ideas, se trae a colación lo expuesto por el participante P2:

P2: La mujer ha sido vista por la sociedad y dentro de las familias como cuidadoras, madres... es decir un ser maternal. Todas estas maneras de percibir a la mujer construyen una imagen de la mujer, ya sea en ámbitos científicos o en otros sectores... es así como desde estos imaginarios la mujer debe pertenecer a carreras asistenciales como psicología, enfermería, y de esta manera están siendo mejor vistas. Inclusive parece que da más confianza de que me revise una doctora, que me revise un señor que es más brusco, más tosco. (EQ2-GD4-pg2).

Con este tipo de argumentos se infiere que la participante P2 reconoce la desigualdad de oportunidades que tiene la mujer para ser incluida en algunos campos del conocimiento; a su vez sostiene que la mujer está siendo mejor vista en el contexto social y familiar cuando desempeña ciertas labores, esto al mencionar “la mujer debe pertenecer a carreras asistenciales como psicología, enfermería, y de esta manera está siendo mejor vistas”. En esta expresión se evidencian algunos de los roles específicos que la sociedad ha establecido para la mujer. A raíz de las opiniones de la participante P2 se crea un escenario de reflexión de lo que implica a nivel social la no distinción de género, en el ámbito laboral, es así que por tanto medio de los puntos de vistas presentados en esta unidad de análisis se da una reflexión por las dificultades que tienen las mujeres como ciudadanas para el acceso igualitario a ciertas profesiones, puede favorecer que otros conozcan estas perspectivas y desde la empatía se unan a la labor colectiva de difundir argumentos basados en las ventajas que se asume tiene la participación y la inclusión de todos en las sociedades.

Este empoderamiento de otros a través del diálogo sobre los aspectos discutidos en esta categoría, se ve representado en la siguiente unidad de análisis, en la cual el participante P8, luego de escuchar al participante P2, apoya a su compañero sosteniendo que no deberían darse distinciones entre hombres y mujeres, y utiliza entre sus explicaciones razones de corte biológico:

P8: No hay razón para otorgarles [a las mujeres] un trabajo sobre otro; es que, si miramos el desarrollo de los lóbulos cerebrales, estos no distinguen sexo biológico...con esto queremos decir que tanto hombres como mujeres están en capacidad de desarrollar ciertas

habilidades ligadas a las inteligencias múltiples que son independientes del sexo biológico, por eso no tiene sentido afirmar que los hombres tienen mayor capacidad para las ciencias exactas y las mujeres para las sociales. (C4-pg1).

Por otra parte, se presentaron opiniones de los participantes donde se evidencia una articulación entre lo acontecido con Marie Anne en la controversia y aspectos de índole personal. Sobre esto, se destaca el aporte de la participante P4 quien habla a partir de sus experiencias universitarias sobre las miradas que se tiene acerca de la mujer en la contemporaneidad, tal como se presenta en la siguiente unidad de análisis:

P4: Yo he notado y he visto en mi experiencia en la universidad, una idea predominante de que las mujeres son más tesas [tienen más capacidades] para las ciencias sociales y los hombres para las exactas, eso se ve en la cantidad de hombres que eligen para la carrera de ingeniería y en la cantidad de mujeres que estudiamos una licenciatura, o una carrera de ciencias sociales. También lo veo en el dinero que les invierten a esas carreras, eso también influye en lo de los salarios, pues en las carreras donde más se le invierte van a tener salarios más altos, y entonces la mujer va a ganar más poco. La idea para mí, para lograr una sociedad más equitativa, es por ejemplo que los hombres pueden participar de las ciencias sociales y las mujeres pueden ingresar a las ciencias exactas. (EQ3-GD4-pg2).

En la reflexión expresada por la participante P4, se logra identificar que para ella existen ciertos condicionamientos sociales hacia la mujer en relación con la feminización y masculinización de algunas carreras y profesiones, ella expresa que “eso se ve en la cantidad de hombres que eligen para la carrera de ingeniería y en la cantidad de mujeres que estudiamos una licenciatura”. Por consiguiente, se interpreta que la participante P4 muestra su desacuerdo con la desigualdad de oportunidades laborales y económicas de la mujer, por el contrario, propone que los sujetos debieran de tener la posibilidad de realizar la actividad que ellos elijan, sin tener que estar condicionados a su género. En consecuencia, las reflexiones iniciales sobre el papel de la mujer en ciencia se han extrapolado a otros ámbitos sociales, en este particular a la vida académica.

De manera, análoga el participante P7 comparte con sus compañeros algunas de sus inquietudes sobre los estereotipos actuales sobre la mujer, comentando lo siguiente:

P7: Sí, por ejemplo, yo creo que ahora a los hombres los contratan mucho más fácil que a nosotras las mujeres, esto debido a la razón de que podemos quedar en embarazo, de hecho, es una pregunta que no debería hacerse en una entrevista, ¿planeas tener hijos? ¿Estas embarazada? Si dices que sí, significará que no eres elegible. Entonces las personas piensan para que le voy a pagar, sino va a hacer nada. Esto también ocurre en la ciencia... siento que hay discursos donde estamos valorizadas a partir de la imagen. Pensemos en una científica, ¿cuáles son los referentes actuales? Una mujer que no se arregla, una mujer que es tosca, que todo el tiempo es fría, solterona, todo eso se encierra en que la mujer debe tener características masculinas para que sea tenida en cuenta. Por ejemplo, recuerdo un reinado que fue hace como 4 años, una Miss Universo, creo que era experta en bioquímica, y en su representación hacía mezclas y eso generó sorpresa entre el público, porque mostro que la mujer no solo puede ser bonita sino científica. Eso es un círculo horrible de pensar que valemos por lo bonita que somos. (EQ3-GD4-pg3).

Estos comentarios dejan ver algunos de los estereotipos que se presentan en la modernidad sobre la mujer en el ámbito laboral. En las ideas del Participante P7 se percibe una opinión personal por la manera en la que habla en primera persona, además describe algunas de sus vivencias personales; con el relato que expone sobre la reina que era bioquímica, se aprecia cómo en la sociedad es notorio aún un conjunto de creencias sobre las cualidades que debe tener una mujer para pertenecer al ámbito científico, entre las que la participante describe la belleza, la pasividad, la tosquedad, la frialdad de carácter, entre otros. Un enfoque histórico basado en abordar características de la personalidad de las mujeres en la ciencia podría contribuir a una reflexión sobre dichos estereotipos (Pérez, 2020).

Las siguientes unidades de análisis a presentar, tienen como punto en común, que los participantes recalcan la posibilidad de que a través de la enseñanza de la ciencia se puedan desvanecer algunos de los estereotipos actuales sobre la mujer. Es así, que el participante P5 reflexiona sobre su actuación como maestro en el aula de clases, cuando señala:

P5: Estas reflexiones me llevaron a pensar en el aula de clases, siendo maestro de ciencias y me preguntaba cómo hacer con esos prejuicios sobre la mujer, que en muchos casos se dan hasta en la familia, cuando se cree que las niñas deben hacer el oficio y que ni piensen

en trabajar... ahora complejo uno romper esos imaginarios o llevarlas a pensar en opciones como las ciencias. Me cuestiona sobre mi rol de maestro y cómo ir apartando ese pensamiento de la desigualdad de género desde lo cultural y lo familiar. (C4-GD4-pg3).

Según las ideas expuestas, que el participante P5 piensa sobre la posibilidad de que en la clase de ciencias se puedan movilizar otros imaginarios sobre el papel de la mujer en la sociedad, esto cuando el afirma que “ir apartando ese pensamiento de la desigualdad de género”. Por tanto, se asume que las actividades que se llevaron a cabo en esta categoría permitieron que el participante P5 reflexionara sobre el papel de la enseñanza de las ciencias en la sociedad, en relación con los discursos culturales y familiares que se presentan sobre la mujer.

Cabe resaltar que la anterior unidad de análisis emerge en la actividad del grupo de discusión, cuando los participantes comentaban a todos los integrantes sus percepciones acerca del papel que ocupa la mujer hoy en el proceso de construcción del conocimiento científico. El participante P11 interviene luego de escuchar las preocupaciones presentadas por el participante P2 sobre los estereotipos sobre la mujer presentados en el ámbito familiar y cómo estos inciden en el campo educativo. Dichas opiniones, suscitaron el siguiente comentario:

P11: Ahora que mi compañero menciona sobre el aula de clases de ciencias, otro aspecto a reflexionar es sobre los currículos. Es importante que consideremos qué estereotipos estamos llevando a través de los libros de textos, por ejemplo, qué doctores, científicos, químicos estamos mostrando. Nosotros hablamos en nuestro grupo sobre las investigaciones de Rosalind Franklin con Watson y Crick, y nos cuestionaba ¿por qué les da más relevancia en algunos textos a las investigaciones de ellos sobre el ADN y por qué se deja de lado el trabajo de ella? Yo siento que hay un trabajo muy grande desde la educación... los docentes debemos pensar qué vamos a contar sobre las mujeres; incluir trabajos de mujeres que han sido claves y las dificultades que han tenido, son cosas que deberíamos de llevar al aula. Además, esto es clave para motivar a las niñas para que sigan en el campo científico. (EQ3-GD4-pg2).

Se puede indicar que para el participante P11 los libros de textos transmiten miradas sobre las científicas que pueden contribuir a mantener algunos imaginarios y estereotipos sobre el papel de la mujer en la ciencia, algunos de ellos en relación con que el trabajo del científico tiene más

valor que el de ella, tal como lo menciona con el ejemplo citado de Rosalind Franklin y los trabajos realizados con Watson y Crick. Es particularmente importante el rol que el participante P11 le otorga a la historia de la ciencia, cuando describe “los docentes debemos pensar qué vamos a contar sobre las mujeres”, esto se vincula con los aportes de Rossiter (1993) quien sugiere que se debe trabajar más duro para normalizar el concepto de mujeres científicas, incluidos los esfuerzos para aumentar la representación de las mujeres en el campo de la ciencia, entre muchos otros esfuerzos.

A partir de las reflexiones suscitadas por parte de los participantes, se resalta la necesidad de incluir en los programas de formación de los profesores asuntos de NOS vinculados al tópico de los estudios sobre el papel de la mujer en la ciencia, para esto se trae a colación la siguiente unidad de análisis:

P1: Es que nosotros si habíamos tratado controversias en otras ocasiones, pero abordar cómo la mujer incidió en ese momento, no es algo que hayamos tratado en profundidad, lo que me hizo pensar en las maneras en como maestra puedo llevar estas reflexiones al aula (E-pg2).

Con esta unidad de análisis se observa como el Participante P1 afirma no haber abordado en profundidad asuntos como los tratados en la actividad, asimismo se infiere que las actividades implementadas influyen en las imágenes que tiene acerca de los contenidos que puede abordar en la enseñanza de las ciencias, teniendo como alternativa el contenido no epistémico del papel de la mujer en la ciencia.

Finalmente, se encuentra que los participantes ofrecieron argumentos que permiten apreciar el papel de la mujer en la ciencia a partir de la contextualización realizada sobre Marie Anne Pierrette y sus aportes a la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno; es así como sus aportes también abarcaron ámbitos donde se desenvuelven la sociedad, aspectos como el ámbito laboral, familiar y educativo, donde los sujetos han tomado un posición a nivel personal sobre comportamientos como el rechazo ofertado a las mujeres y la desigualdad de condiciones para la participación colectiva.

## 5 Consideraciones finales

### 5.1 Conclusiones y aportes de la investigación

Una vez finalizada esta investigación se encuentra que fue posible cumplir con los objetivos propuestos. En primer lugar, se identificaron aspectos de orden epistémico y no epistémico de las controversias histórico científicas tales como el rol de la experimentación para la manifestación de diferentes perspectivas, la comunicación entre científicos y el papel de las comunidades científicas en el progreso y avance de los conocimientos, estos contenidos fueron articulados de forma explícita a través de preguntas donde se indagó por los conocimientos sobre las ciencias y aspectos de la formación ciudadana. De esta manera se hace evidente que las CHC en la enseñanza de las ciencias tienen un alcance formativo ya que no solo permiten aprendizajes de y sobre los conocimientos científicos sino la manifestación de disposiciones para el pluralismo, alteridad, participación e inclusión, aspectos cruciales en el ejercicio ciudadano.

En esta misma línea, la discusión planifica de los aspectos de la Naturaleza de la Ciencia incluidos en la propuesta de enseñanza permitió que los participantes explicitaran y debatieran sobre sus conocimientos sobre la ciencia, los cuales se caracterizaron por ser diversos, esto favoreció el uso de habilidades para la argumentación debido a la necesidad de establecer consensos entre los equipos. Es así, como la propuesta centrada en el uso de CHC se consolida como una alternativa para que en la enseñanza de las ciencias los sujetos utilicen habilidades que permitan el diálogo, la resolución de los conflictos, el trabajo cooperativo, y la toma de decisiones.

Me parece relevante mencionar que en este transitar investigativo, encontré en la línea de historia y epistemología de las ciencias, fundamentos que me permiten apreciar la ciencia de forma distinta, llena de matices y mucho más cercana a mi condición como ser humano. En las maneras en cómo me educaron en mi etapa escolar y universitaria adquirí muchos conocimientos, que ahora

puedo catalogarlos como aprendizajes de la ciencia, además muchas de las metodologías desarrolladas en las clases de ciencias eran desde el modelo de enseñanza tradicional, centrado en la repetición y memorización. Con lo anterior no pretendo señalar que la formación recibida haya sido negativa, pero si quiero declarar que con los nuevos acercamientos teóricos y con la experiencia adquirida en este trabajo de investigación, me llevaron a considerar sobre otras maneras de comprender y abordar la ciencia.

A mi modo de ver, enseñar una ciencia cercana a lo social, tiene más íntima relación con la responsabilidad que se ha depositado en nosotros los maestros como formadores de ciudadanos. Por tanto, encontrar otras alternativas en la enseñanza me ayuda a liberar las tensiones producidas día a día al observar en nuestros contextos cómo los niños (as) y jóvenes presentan dificultades para convivir y relacionarse pacíficamente unos con los otros, por lo que pensar que podemos acercarlos a la ciencia, pero también formarlos en ciudadanía se ha constituido para mí en un horizonte de trabajo para mis clases de ciencias. A su vez considero que podría ser un asunto altamente favorecedor en las agendas de los currículos de formación inicial de profesores, ya que no basta solo con una comprensión adecuada sobre la NOS, pienso que para poder enseñarla es necesario que los profesores pasen por la experiencia de ser partícipes de propuestas de enseñanza que les permita modificar sus pensamientos acerca de la ciencia, que finalmente pueden influir en los modos de enseñarla a sus estudiantes.

## **5.2 Perspectivas de investigación y recomendaciones**

Esta investigación proporciona fundamentos empíricos y teóricos que podrían servir para la constitución de una futura línea de práctica pedagógica en la licenciatura en Ciencias Naturales, ya que los hallazgos encontrados evidencian que la temática abordada proporciona interesantes reflexiones para pensar la acción docente en el área de las ciencias Naturales encaminada a la formación integral y ciudadana de las personas, así mismo la propuesta de enseñanza implementada se elaboró a partir de una revisión cuidadosa e intencionada de aspectos que vinculan la historia,

filosofía, y sociología de la ciencia, por tanto, puede ser un insumo para aquellos docentes interesados en vincular las disciplinas meta-científicas a la enseñanza de la ciencia.

Debido a que el objeto de estudio abordado en este trabajo se ha reconocido en la literatura como un asunto reciente en materia de investigación, se recomienda entonces seguir profundizando en el uso de otras controversias histórico científicas. Se considera que, debido a algunas limitaciones como el tiempo y el factor económico, no fue posible permanecer en más sesiones con los participantes e implementar otras técnicas para recolectar más información, por lo que estudios más extensos podrían

En el diseño de la propuesta de enseñanza, se encontró como un limitante, la dificultad que existe para acceder a los textos de fuentes originales, e incluso a fuentes secundarias (debido a la ausencia de traducciones), por tanto, se recomienda que antes de elegir la controversia histórico científica es prudente primero indagar por los textos existentes sobre la misma.

## Referencias

- Acevedo-Díaz, J. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355- 386.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3041430>
- Acevedo-Díaz, J., y García-Carmona, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5292260>
- Acevedo-Díaz, J., García-Carmona, A., y Aragón-Méndez, M. (2016). Un caso de la historia de la ciencia para aprender Naturaleza de la ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 13(2), 408-422.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92044744013>
- Acevedo-Díaz, J., García-Carmona, A., y Aragón-Méndez, M. (2017). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: Una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química*, 28(3), 140-146. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.12.003>
- Acevedo-Díaz, J., Aragón-Méndez, M., y García-Carmona, A. (2018). Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia. *Revista Científica*, 33(3), 344-355.  
<https://doi.org/10.14483/23448350.13355>
- Acevedo-Díaz, J., Vásquez-Alonso, A., Manassero-Mas., y Acevedo-Romero, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Aspectos epistemológicos. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202-225.  
<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3801>
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la Naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias Naturales*. Fondo de Cultura Económica.
- Amelines, P., y Romero, A. (2017). La experimentación en el aula Aportes de la naturaleza de las ciencias. En A. Romero (Ed.), *La experimentación en la clase de ciencias* (pp.35-51). Universidad de Antioquia.
- Arendt, H. (1993). *La condición humana*. Paidós.
- Arendt, H. (2020). *La condición humana* (R. Gil Novales, Trad.). (Obra original publicada en el 1993). Austral.

- Arteaga, E., Armada, L., y Martínez, J. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Universidad y Sociedad*, 8(1), 169-176.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202016000100025](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100025)
- Gallego, R., Pérez, R y Gallego, A. (2015). Del modelo científico del flogisto al modelo de la oxidación. El concepto de frontera. *Educación química*, 26(3), 242-249.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2015000300242](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2015000300242)
- Barrera, A. (2021). Formación ciudadana en Colombia: balance de la cuestión, retos y tensiones. *Praxis*, 17(1), 99-110. <https://doi.org/10.21676/23897856.4040>
- Bell, M. (2013). *Lavoisier en el año uno de la revolución*. (V. Úbeda, Trad). (Obra original publicada en el 2005).
- Campanario, M. (2016). Ventajas e inconvenientes de la historia de la ciencia como recurso en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de la Física*, 11(1),  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/16195>
- Castillo, H. (2016). *Aportes a la enseñanza de la química a partir de un estudio histórico filosófico de la experimentación asociada a la combustión para profesores en formación inicial* [Tesis de Doctorado, Universidad del Valle].  
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/458693cf-c8ed-47f3-8b77-8458e7d0eb5d>
- Castillo, H., y Arteaga, E. (2014). Historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: el caso de la reacción química. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(2), 298-313.  
<https://rbhciencia.emnuvens.com.br/revista/article/view/201>
- Chamizo, J., y Pérez, Y. (2017). Sobre la enseñanza de las ciencias naturales. *Didáctica de las ciencias y la matemática*, 74(1), 23-40. <https://rieoei.org/RIE/article/view/624>
- Chaux, E., Lleras, J., y Velásquez, A. (2004). *Competencias ciudadanas: De los estándares al Aula. Una propuesta de integración a las áreas académicas*. Ediciones Uniandes.
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa, *Theoría*, 14(1), 61-71.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29900107>
- Contreras, R. (2011). Aproximación a la filosofía de la Química. *Avances en Química*, 68(3), 107-116.  
<https://biblat.unam.mx/es/revista/avances-en-quimica/articulo/aproximacion-a-la-filosofia-de-la-quimica>
- Cortina, A. (1997). *Ciudadanos del mundo. Hacia una teoría de la ciudadanía*. Alianza Editorial.
- Cox, C., Jaramillo, R., y Reimers, F. (2005). *Educación para la ciudadanía y la democracia en las Américas: una agenda para la acción*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Duhem, P. (2003). *La Teoría Física. Su Objeto y su Estructura*. (M.P. Irazazábal, Trad.). Herder Editorial (Obra original publicada en 1914).

- Duschl, R. (1995). Más allá del conocimiento: Los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14  
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21388>
- Espinosa, C., Agudelo, L., y Pachón, M. (2011). La hermenéutica en el desarrollo de la investigación educativa en el siglo XXI. *Itinerario educativo*, 25(57), 101-120.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6280160>
- Ferreirós, M., y Ordóñez (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86. <https://idus.us.es/handle/11441/38442>
- Fleck, L. (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Alianza Editorial.
- Flores, F., Gallegos, L., y Reyes, F. (2007). Perfiles y orígenes de las concepciones de ciencia de los profesores mexicanos de química. *Perfiles Educativos*, 29(116), 60-84.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13211604>
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Investigación y experiencias didácticas*, 6(3), 291-296.  
<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51106>
- Gail, J. (1984). *On the organization of laughter in talk about troubles*. In J. M. Atkinson & J. Heritage (Ed.), *Structures of Social Action: Studies in Conversation Analysis* (pp.346-369). Cambridge.  
[https://www.u-cursos.cl/facso/2011/1/PSI\\_TAMC/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=578486](https://www.u-cursos.cl/facso/2011/1/PSI_TAMC/1/material_docente/bajar?id_material=578486)
- García, D. (2017). Diálogo y escucha: una reflexión para construir la paz. *Universidades*, (71), 7-21.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37350969003>
- Gil, D., & Vilches, A. (2004). Contribution of Science to Citizens' Culture. *Cultura y Educación*, 16(3), 259-272. <https://doi.org/10.1174/1135640042360924>
- Hacking, I. (1996). *Representar e intervenir*. Paidós.
- Henaó B., y Stipich, M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: La perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 47-63.  
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/7467>
- Henaó, B., y Palacio, V. (2013). Formación científica y para la civilidad: Un propósito ineludible de la educación en Ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9(1), 134-161.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134129372007>
- Hernández, R., Fernández, C., y Batista, P. (2014). *Metodologías de la investigación* (6a ed.). McGraw Hill Interamericana.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Investigación y experiencias didácticas*, 12(3), 299-313. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21370>

- Hodson, D. (2013). La educación en ciencias como un llamado a la acción. *Science Education as a Call to Action*. *Archivos de Ciencias de la educación*, 7(7), 1-15.  
<http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=arti&d=Jpr6577>
- Hoyos, C. (2000). *Un modelo para la investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de estados del arte con importantes reflexiones sobre la investigación*. Señal Editorial.
- Hricko, J. (2017). Scientific Rationality: Phlogiston as a Case Study. *Studies in History and Philosophy of Science*, 37-59. <https://philsci-archive.pitt.edu/12413/>
- Izquierdo, M., García, A., Gatica, M., y Bravo, A. (2016). *Historia, Filosofía y didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de Ciencias*. Editorial UD.
- Izquierdo, M., Quintanilla, M., Vallverdú, J., y Merino, C. (2014). Una nueva reflexión sobre la historia & filosofía de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. En M. Quintanilla (Coord.), *Historia y filosofía de la ciencia. Aportes para una "nueva aula de ciencias", promotora de ciudadanía y valores* (pp. 29-51). Bellaterra.
- Katz, M. (2016). *Las teorías químicas de la Sra. X*. Asociación Química Argentina.
- Kawashima, K. (2000). Madame Lavoisier et la traduction française de l'Essay on phlogiston de Kirwan. *Revue d'histoire des sciences*, 53(2), 235-264. [https://www.persee.fr/doc/rhs\\_0151-4105\\_2000\\_num\\_53\\_2\\_2083](https://www.persee.fr/doc/rhs_0151-4105_2000_num_53_2_2083)
- Kaya, E., & Erduran, S. (2016). From FRA to RFN: How the Family Resemblance Approach Can Be Transformed for Science Curriculum Analysis on Nature of Science. [De FRA a RFN: cómo se puede transformar el enfoque del parecido familiar para el análisis del currículo de ciencias sobre la naturaleza de la ciencia]. *Science & Education*, 25, 1115-1133. DOI: 10.1007/s11191-016-9861-3
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). The influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578. <https://physics.weber.edu/johnston/nos/readings/Khishfe2002.pdf>
- Kragh, H. (2007). *Introducción a la historia de la ciencia*. Crítica Barcelona.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica.
- La Marca, A. (2007). Educación personalizada y formación del carácter. *Estudios sobre educación*, (13), 113-132. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2498504>
- Latour, B., y Woolgar, S. (1995). *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Alianza.
- Lecaille, C. (1994). El flogisto. Ascenso y caída de la primera gran teoría. *Revista de cultura científica*, (34), 4-10. <https://www.revistacienciasunam.com/en/186-revistas/revista-ciencias-34/1751-el-flogisto-ascenso-y-ca%C3%ADda-de-la-primera-gran-teor%C3%ADa-qu%C3%ADmica.html>

- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., & Schwartz, R. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521. DOI: 10.1002/tea.10034
- Manassero, A., y Vázquez, A. (2001). Opiniones sobre las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Tarbiya: Revista de investigación e innovación educativa*, 27, 27-56.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=171791>
- Martín del Pozo, R. (2001). Lo que saben y lo que pretenden enseñar los futuros profesores sobre el cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(19), 199-215.  
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21731>
- Martínez, A. (1992). Manual de Química 1. Ediciones de la escuela preparatoria.  
<http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020122465/1020122465.PDF>
- Martínez, N. (26 de junio del 2011). Claude Louis Berthollet, el alquimista de la lejía. *RTVE Noticias*.  
<https://www.rtve.es/noticias/20110622/claude-louis-berthollet-alquimista-lejia/443126.shtml>
- Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(2), 255-277.  
<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21364>
- Melogno, P., Rodríguez, P., y Fernández, S. (2011). *Elementos de historia de la ciencia*. Universidad de la República.
- Mendoza, B. (2017). La Historia de la ciencia: ¿Qué es y para qué es? *Revista odontológica Mexicana*, 21(2), 78-80. <https://doi.org/10.1016/j.rodMex.2017.05.001>
- Ministerio de educación Nacional (MEN). (2003). Formar para la ciudadanía ¡Si es posible! *Estándares básicos de competencias en Ciencias Ciudadanas*, 32.  
[https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-75768\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-75768_archivo_pdf.pdf)
- Ministerio de educación Nacional de Colombia (MEN). (1998). Lineamientos Curriculares para el área de Ciencias Naturales. [https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-89869\\_archivo\\_pdf5.pdf](https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf5.pdf)
- Ministerio de educación Nacional (MEN). (2001). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. La formación en Ciencias: ¡el desafío! Estándares Nacionales de Educación, 96-147. [https://www.mineduccion.gov.co/1780/articles-81033\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduccion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf)
- Ministerio de educación Nacional (MEN). (2006). Estándares básicos de competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. <https://www.mineduccion.gov.co/1621/article-116042.html>
- Ministerio de educación Nacional (MEN). (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje Ciencias Naturales. [https://wccopre.s3.amazonaws.com/Derechos\\_Basicos\\_de\\_Aprendizaje\\_Ciencias.pdf](https://wccopre.s3.amazonaws.com/Derechos_Basicos_de_Aprendizaje_Ciencias.pdf)
- Mockus, A. (2004). ¿Por qué competencias ciudadanas en Colombia? *Al Tablero. Ministerio de Educación Nacional de Colombia*. <https://www.mineduccion.gov.co/1621/article-87299.html>

- Monk, M., & Osborne, J. (1998) Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291098-237X%28199707%2981%3A4%3C405%3A%3AAID-SCE3%3E3.0.CO%3B2-G>
- Muñoz, A. (2016). *Lavoisier, la química moderna: la revolución está en el aire*. Editorial RBA.
- Muñoz, A. (2020). *La controversia entre las visiones de mundo ptolemaica y galileana: una manera de articular la formación en ciencias y la formación ciudadana por medio de reflexiones metacientíficas*. [Tesis de maestría, Universidad de Antioquia].  
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/15047>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2015). La educación científica, un aprendizaje accesible a todos. En B. Macedo (Ed.), *Proyecto principal de Educación en América Latina y el Caribe*, 1-91.  
[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000262532\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000262532_spa)
- Ortiz, A. (2015). *Enfoques y métodos de investigación en las ciencias humanas y sociales*. Ediciones de la U.
- Pabón, T., Muñoz, L., y Vallverdú, J. (2016). La controversia científica y la naturaleza de la ciencia, una propuesta de enseñanza para la formación de docentes en ciencias. En F. Cañada, (ed.), *Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales*, pp. 113-120.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8306852>
- Pellón, I. (2002). Lavoisier y la revolución química. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*. (2), 40-49. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=881223>
- Pérez, L. (2020). Traductoras en el gozne del cambio de paradigma científico. *Revista de Estudios Franceses*, (18), 79-111. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7720071>
- Pérez, R (2014). *Informe de química. Leyes de composición y cálculos estequiométricos*.  
<https://es.scribd.com/document/272231720/Informe-de-Quimica-Leyes-Ponderales>
- Piñuel, J. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Estudios de sociolingüística*, 3(1), 1-42. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=497941>
- Quintanilla, M., Rosales, S., y Cabrera, H. (Comp.). (2017). *La historia de la ciencia en la investigación didáctica. Aporte a la formación y desarrollo profesional del profesorado en ciencias*. Bellaterra.
- Ramírez, P., Martínez, K., y Peña, L. (2012). Aportes de las controversias científicas y la resolución de problemas a la construcción del conocimiento del concepto enlace químico para docentes en formación, *PAPELES*, 4(8), 67-72. <https://revistas.uan.edu.co/index.php/papeles/article/view/302>
- Romero, A. (Ed.). (2017). *La experimentación en la clase de Física. Aportes para una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas*. Universidad de Antioquia.
- Romero, A., Aguilar, Y., y Mejía, L. (2016). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. *Revista de Investigación Educativa*, (23), 75-98.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283146484005>

- Rossiter, W. (1993): The Matthew Matilda Effect in Science. *Social Studies of Science*, 23(2), 325-341. DOI: 10.1177/030631293023002004
- Ruiz, A., y Chaux, E. (2005). *La formación de competencias ciudadanas*. Editorial Ascofade.
- Ruiz, F. (2006). Ideas de ciencia y su incidencia en el proceso de enseñanza- aprendizaje. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 2(1), 119-130. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134116859006>
- Stahl, G. (1766). *Tratado de Azufre.*, (D'Holbach, Trad).
- Sarria, M. (2012). Trabajos experimentales de química y física con un estropajo de acero. *Anales de Química*, 1(109), 45-52. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4208052>
- Sequeiros, L. (2005). Alfabetización científica y Educación para la ciudadanía: la ciencia, un arma cargada de futuro. *Micro espacios de investigación*, 1, 69-93. <https://microespaciosinvestigacion.files.wordpress.com/2016/02/sequeiros-1-2015-pub1.pdf>
- Serres, M. (1989). *Historia de las ciencias*. Cátedra.
- Shapin, S. (1991). Una bomba circunstancial: la tecnología literaria de Boyle (Trad. G. Pineda). En M. Callon & B. Latour (Eds.), *La science telle qu'elle se fait*. La Découverte.
- Solbes, J., y Traver, M. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las ciencias*, 14(1), 103- 112. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=94842>
- Stake, R. (2005). *Investigación con estudio de casos* (3a ed.). Ediciones Morata.
- Steinle, F. (2002). Challenging Established Concepts. Ampère and Exploratory Experimentation. *Journal for Theory, History and Foundations of Science*, 17(2), 291-316. <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/40381/Theoria%2044%20291-316.pdf?sequence=1>
- Tobón, E. (2016). *El uso de los análisis históricos y epistemológicos en la enseñanza de las ciencias: una reflexión centrada en la experimentación sobre los fenómenos cromáticos* [Tesis de Maestría, Universidad de Antioquia]. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/4856>
- Toulmin, S. (2003). *Los usos de la argumentación*. Atalaya.
- Trujillo, A., Velásquez, A., Chacón, B., y Zabala, S. (2002). *Técnicas interactivas para la investigación social*. Universidad Católica Luis Amigo.
- Universidad de Antioquia. (2016). Código de ética en investigación de la Universidad de Antioquia. <https://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/e79da6b4-1402-496b-88bc-0dc0321ba827/codigo-etica-udea.pdf?MOD=AJPERES>
- Vallverdú, J. (2005). ¿Cómo finalizan las controversias? Un nuevo modelo de análisis: la controvertida historia de la sacarina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 2(5), 19-50. <https://www.redalyc.org/pdf/924/92420502.pdf>

Wisniak, J. (2003). Louis-Bernard Guyton de Morveau. *Educación química*, 14(3), 180-190.  
<https://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66247>

## Anexos

### Propuesta pedagógica

#### *Actividad 1*

Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del Flogisto y del Oxígeno.



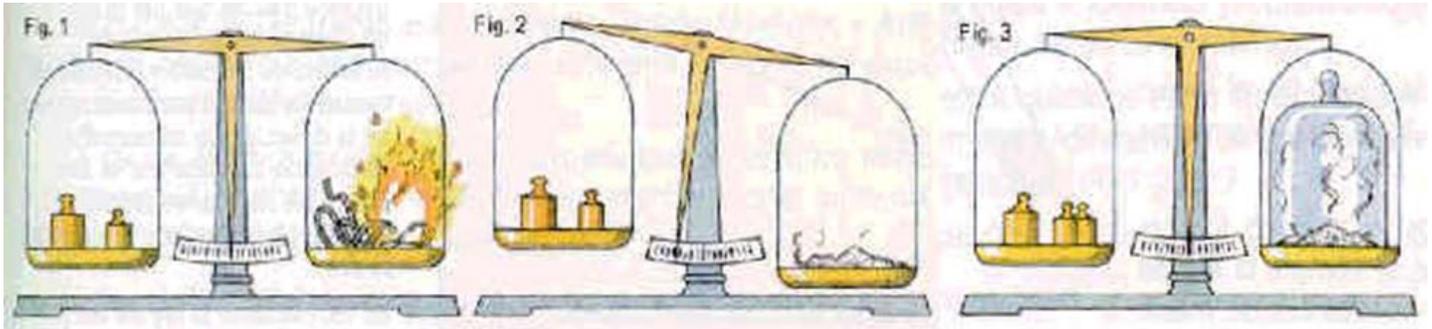
## ¿QUÉ SUCEDE EN ESTA EXPERIENCIA?

### Introducción.

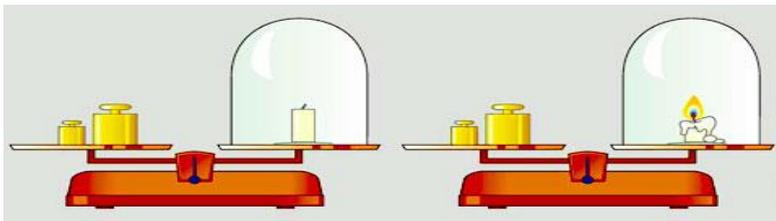
Durante el s. XVIII se presentaron diferentes explicaciones en relación con los fenómenos de la combustión y calcinación de las sustancias. A continuación, te presentamos tres situaciones experimentales. Analiza cada una de ellas y luego de la discusión entre las ideas con tus compañeros plasmar una explicación en común.

### Situación #1.

En la imagen se quema un pedazo de madera (figura 1 y 2 en contacto con el exterior) y en la figura 3 se aísla el sistema. **¿Qué crees que sucede con el peso de la sustancia en este caso?**



**Situación #2.** Se encienden dos velas al mismo tiempo. Ambas están aisladas del exterior mediante una campana de cristal. La balanza permanece en equilibrio **¿Qué explicaciones puedes ofrecer ante estos resultados?**



**Situación #3.**

En otro experimento, se dispone de la misma cantidad de masa de un estropajo de acero, el cual se quema en un sistema abierto. Se utiliza un pedazo de plastilina que tiene el mismo peso que el estropajo antes de realizar la combustión. Luego de la combustión se observa un desequilibrio en el sistema. **¿Cómo explicarías lo que sucede?**



(Adaptado de Sarria, 2012)

### **Orientaciones.**

Luego de haber analizado las situaciones de forma individual, dialogar con los integrantes del grupo sobre lo que se cree acontece en los experimentos. Posteriormente se debe establecer una explicación en común para las situaciones.

Recuerden que las explicaciones que ofrezcan no serán juzgadas ni como buenas o malas, el interés del estudio es comprender como ustedes entienden dichos fenómenos y la manera en que se desenvuelven al interior de los escenarios que como investigadora les he propuesto. Por tanto, siéntanse libres de argumentar de forma libre lo que consideren.

Una vez que se ha dialogado con el grupo, plasmar las respuestas a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los argumentos que utilizarían para explicar lo que sucede en cada una de las situaciones experimentales?

Situación #1

Situación #2

Situación #3

1. ¿Qué otros procedimientos consideran que deberían aplicarse en la realización de estos experimentos?
2. ¿Cómo lograron establecer los argumentos finales para la explicación de las 3 situaciones propuestas? (identificar en lo posible aquellos aspectos que consideran que les facilitó el consenso).

### **Actividad 2**

Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del Flogisto y del Oxígeno.

### **Introducción.**

George Stahl (1659-1734) médico, químico y teórico de origen alemán, en su *Traité du soufre* (1717) describe aquellos procedimientos e instrumentos utilizados en el estudio sobre la transformación de las cales a los metales de partida y cómo estos lograron recobrar las propiedades metálicas como brillo, ductilidad y maleabilidad. Dicha explicación vinculaba la sustancia del flogisto, sustancia aislable pero que tenía la capacidad de trasladarse de una sustancia a otra, esta se captaba y se transmitía de nuevo a la cal por acción de sustancias como el carbón, a este fenómeno se le conocía como “revivificar un metal”

Antoine Lavoisier (1743-1794) químico, biólogo y economista de la aristocracia francesa, realiza experimentos posteriores sobre los anteriores fenómenos, y sus resultados son expuestos en su memoria titulada *Opúsculos físicos y químicos, de 1773*, en esta brinda descripciones sobre los procedimientos experimentales utilizados en el aumento de peso de las cales (óxidos metálicos).

### **Orientaciones.**

A partir de la lectura de las comunicaciones recibidas y analizando las imágenes suministradas. Plasmar en una comunicación gráfica los acuerdos obtenidos sobre:

1. ¿Qué clase de instrumentos de instrumentos utilizarías para comunicar/defender la perspectiva asignada (Stahl o Lavoisier)? ¿Por qué realizaron dicha selección
2. ¿Qué otros procedimientos utilizarían para justificar o defender sus argumentos?
3. ¿Cómo fue el desarrollo de la toma de decisiones dentro del grupo?

### **MEMORIA SOBRE LA CALCINACIÓN DE LOS METALES EN RECIPIENTES CERRADOS.**

Tomé un matraz A de 36 pulgadas cúbicas aproximadamente de capacidad cuyo cuello era muy largo y tenía de seis a siete líneas de grosor interior. Lo curvé... de modo que pudo ser colocado en un horno y su extremidad de su cuello se unió a la campana, colocada en un baño de mercurio. Introduje en este matraz cuatro onzas de mercurio muy puro. Más tarde, succionando con un sifón que introduje en la campana, elevé el mercurio hasta cierta medida. Marqué cuidadosamente esta altura con una banda de papel y observé con toda exactitud el barómetro y el termómetro. Después di fuego al horno y le mantuve encendido

por espacio de doce días sin interrupción con el calor necesario; de manera que el mercurio estuviese casi al punto de hervir.

El primer día no sucedió cosa notable; El mercurio, aunque no hervía, estaba en un estado de evaporación continua: empañaba las paredes interiores de las vasijas con unas góticatas, que al principio eran muy pequeñas, pero que se iban agrandando por grados, y en tomando cierto volumen, volvían a caer al fondo de la vasija, y se reunían con lo restante del mercurio. El segundo día empecé a ver nadar sobre la superficie del mercurio unas partículas encarnadas, que se aumentaron en número y volumen durante cuatro o cinco días, después de los cuales se quedaron en el mismo estado. Viendo que al cabo de doce días no hacía ya ningún progreso la calcinación del mercurio apague el fuego, y deje enfriar los vasos.

El volumen del aire contenido tanto en el matraz como en su cuello y en la parte vacía de la campana, reducido a una presión de 28 pulgadas y a 10 grados del termómetro, **era antes de la operación de 50 pulgadas cúbicas aproximadamente.** Cuando la operación acabó, este mismo volumen a igual presión y temperatura, no era más que 42 o 43 pulgadas. Se produjo, por lo tanto, una disminución de una sexta parte del volumen aproximadamente. Por otra parte, tras recoger con cuidado todas las **laminillas rojas formadas y separarlas en la medida de lo posible del mercurio líquido en el que se encontraban sumergidas, su peso ascendía a 45 granos.** Me fue preciso repetir varias veces esta calcinación del mercurio en vasos cerrados; porque en un solo experimento es difícil conservar el aire con que se ha operado, y las moléculas encarnadas o cal de mercurio que se ha formado. A menudo, confundiré, por ello, el resultado de dos o tres experimentos del mismo género.

Los 45 granos de sustancia encarnada que se había formado durante la operación, los metí en una retorta de vidrio muy pequeña, a la cual había adaptado el aparato conveniente para recoger los productos líquidos y aeriformes que se desprendiesen; y habiendo encendido el horno observé que a medida que se calentaba la sustancia, **iba subiendo el color.** Así mismo de un gran número de retortas de capacidad diferente que había preparado, por lo menos tres cuartas partes se rompieron, ya sea al estirarles el cuello, ya durante la fusión o el enfriamiento del metal. (Lavoisier, 1772, citado en Muñoz, 2016, p.188). Esta memoria se

envía sellada a la Academia el 1 de noviembre de 1772, el científico solicita no publicar el contenido de este sobre hasta que él lo indique.

### FRAGMENTO QUE DESCRIBE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS POR GEORGE STAHL.

“Al quemar fósforo, este produce una llama intensa, se libera mucho calor y el material **se disipa** como un “humo blanco”. Pero si la combustión se realiza en un recipiente de vidrio de forma apropiada, ese “humo blanco” se deposita en el interior del recipiente de vidrio y rápidamente **absorbe la humedad atmosférica** convirtiéndose en un líquido ácido, ácido fosfórico.

Al colocar ese líquido en un crisol de platino y calentar hasta el rojo sombra, se separa agua en forma de vapor y queda un residuo que al enfriar semeja un vidrio incoloro, conocido en esa época con el nombre de “ácido fosfórico seco” o “anhídrido fosfórico”. **Cuando se mezcla ese “ácido fosfórico seco” con carbón** en polvo en una retorta de vidrio y se calienta lo suficiente, **una porción del carbón “desaparecerá”** y se formará fósforo que tendrá las mismas propiedades que tenía antes de la combustión.

Por otro lado, la restauración de estos metales a su estado natural, o su reducción, muestra que la sustancia inflamable es realmente parte de los metales; por esta reducción los metales recuperan su brillo, ductilidad, densidad y consistencia. En una palabra, para hablar claro, por reducción les devolvemos el principio inflamable que había sido eliminado por calcinación, [...]” (Katz, 2016, p. 22).

### Actividad 3

Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del flogisto y del oxígeno.

## ¡LLEGO CARTA! REFLEXIONES SOBRE EL FLOGISTO DE LAVOISIER.

### **Introducción.**

A continuación, se presenta un fragmento de una comunicación realizada por Antoine Lavoisier donde explicita los resultados encontrados en sus experimentos, y enuncia algunos argumentos para justificar su nueva propuesta teórica ante la comunidad científica de la época. La comunicación fue entregada a la Real Academia de las Ciencias en París, que editaba anualmente un volumen con las Memorias de los diferentes trabajos realizados por sus miembros.

Inicialmente, en 1772, Lavoisier se encontraba realizando experimentos sobre la formación del producto de las reacciones. Sin embargo, realiza descripciones en relación con los fenómenos de combustión, planteando que ha encontrado una explicación para el aumento de peso de los metales tras su calcinación (resultado que era contrario a lo que se esperaba obtener desde la perspectiva del flogisto). El científico decide confiar al secretario de la Academia sus conocimientos en un sobre sellado, con la instrucción expresa de que no fuera abierto sino hasta que él se lo indicara. Es así, que dicha comunicación, fue abierta el 5 de mayo de 1773 previo consentimiento del científico.

**En la comunicación Lavoisier**, expresaba:

*“Este descubrimiento, que he constatado con experimentos que me parecen decisivos, me hace pensar que lo que se observa en la combustión del azufre y del fósforo podía muy bien tener lugar en todos los cuerpos que adquieren peso por la combustión y la calcinación; y estoy persuadido de que el aumento de peso de las cales metálicas [óxidos metálicos] tiene la misma causa. La experiencia ha confirmado totalmente mis conjeturas; he hecho la reducción del litargirio [óxido de plomo (II)] en recipientes cerrados, con el aparato de Hales, y he observado que se desprendía, en el momento en que pasaba la cal a metal, una cantidad considerable de aire que formaba un volumen mil veces mayor que el de la cantidad de litargirio empleada. Este descubrimiento me ha parecido uno de los más importantes de los que se han hecho desde Stahl, [por lo que] he creído que debía asegurarme su propiedad, haciendo el presente depósito en la Academia, para que permanezca secreto hasta el momento en que publique mis experimentos.*

Lavoisier. París, el 1º de noviembre de 1772. (Melogno et al., 2011, p.274).

Posterior a esta comunicación, Lavoisier publica en el año de 1775 el libro titulado *Opúsculos físicos y químicos*, donde recopila los experimentos realizados en 1772. En dicho texto se describen detalladamente los materiales y procedimientos utilizados, y se presentan los resultados obtenidos discutiéndolos con perspectivas de otros autores. El texto incluye también una serie de dibujos que revelan los aparatos de laboratorio que había utilizado, en los que se pueden apreciar las novedades que él mismo había ideado. Estos experimentos fueron evaluados por un comité asignado, al cual pertenecían científicos altamente reconocidos en Francia como Pierre Joseph Macquer (1718-1784), Jean-Baptiste Le Roy (1720-1800) y Louis Claude Cadete de Gassicourt (1731-1799), algunos de estos científicos se habían catalogado inicialmente como defensores del flogisto, en particular Macquer, quien fue el autor de la siguiente reseña, en donde plasma sus apreciaciones sobre el trabajo de Lavoisier:

“[...] él ha sometido todos sus resultados a la medición, al cálculo y a la balanza: método riguroso que, felizmente para la química, comienza a ser indispensable en la práctica de esta ciencia” (Melogno et al., 2011, p.275).

Luego de muchas otras prácticas experimentales, en 1783, Lavoisier envía a la Academia de las Ciencias la siguiente memoria denominada Reflexiones finales sobre el Flogisto, donde comunica de forma detallada todas las conclusiones realizadas hasta la época, y donde invita a la comunidad científica aceptar su nueva teoría. Se presenta a continuación algunos fragmentos sobre la misma:

*Si en química todo se explica de una manera satisfactoria sin la ayuda del flogisto, esto sólo indica que es muy probable que este principio no exista, que solo sea un ente hipotético, una suposición gratuita; en efecto, es regla de buena lógica no multiplicar los entes sin necesidad. Podría ocurrir que me hubiera contentado con estas pruebas negativas demostrando que se explican menos los fenómenos sin el flogisto que con él: pero es el momento de explicarme de una manera más precisa y formal sobre una opinión que*

---

*considero un error funesto para la química y que me parece ha retardado considerablemente su progreso debido a la falsa manera de pensar que ha introducido en ella.*

*El objeto de esta memoria no ha sido otro que dar mayor desarrollo a la teoría de la combustión que publiqué en 1777, y demostrar que el flogisto de Stahl es un ente imaginario cuya existencia ha sido supuesta arbitrariamente en los metales, en el azufre, en el fósforo y en todos los cuerpos combustibles; que todos los fenómenos de la combustión y de la calcinación se explican en una forma mucho más simple y con mayor facilidad sin el flogisto que con él. No espero que mis ideas sean adoptadas en seguida; el espíritu humano se acomoda a una manera de ver, y los que han considerado la naturaleza desde un cierto punto de vista durante una parte de su carrera, no adoptan sino con trabajo ideas nuevas; al tiempo corresponde confirmar o destruir las opiniones que he presentado. En espera de ello, veo con gran satisfacción que los jóvenes que inician el estudio de la ciencia, sin prejuicios, que los geómetras y los físicos que tienen fresca la mente para las verdades de la química no crean más en el flogisto como Stahl lo ha presentado y consideran toda esta doctrina como un andamiaje más molesto que útil para continuar el edificio de la ciencia química. (Lavoisier, 1783, como se citó en Martínez, 1992, p.35)*

### **Orientaciones.**

Discute con tus compañeros, sobre los siguientes interrogantes y plasma las explicaciones y concesos a los que llegan.

1. ¿Cómo consideran que influye el estilo de comunicación que empleaba Lavoisier en la organización de la comunidad científica y en su comprensión y apropiación sobre los conocimientos producidos?
2. Si ustedes necesitaran hacer una defensa de sus ideas sobre un tema científico (disciplinar) ante colegas, ¿qué aspectos considerarían aplicar para la comunicación efectiva de estas ideas? Describan y justifiquen por qué esas estrategias comunicativas son adecuadas.

3. Lavoisier mantuvo en secreto ante la comunidad científica las explicaciones y conocimientos producidos inicialmente. ¿Qué consideraciones tienen (causa, pertinencia) acerca de esta forma de proceder de Lavoisier?

#### **Actividad 4**

Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del flogisto y del oxígeno.



### **MARIE ANNE PIERRETTE EN LA CONTROVERSIA DE LAS TEORÍAS DEL FLOGISTO Y DEL OXÍGENO.**

#### **Introducción.**

A continuación, se presentan materiales como imágenes y fragmentos de comunicaciones enviados a Marie-Anne Paulze (1758-1836). La actividad tiene la intencionalidad de reflexionar sobre el papel que tuvo la mujer en la construcción del conocimiento, utilizando como contexto los roles desempeñados por Marie Anne en la controversia sobre las teorías del flogisto y del oxígeno. Luego de la lectura y el análisis del material, resolver los cuestionamientos señalados y compartir sus impresiones con el resto de los compañeros en una socialización general.

**Dialoga con tu equipo de trabajo sobre las siguientes preguntas y escriban los acuerdos a los que llegan sobre las mismas.**

1. ¿Cuáles son sus consideraciones acerca de las actividades realizadas por Marie-Anne Pierrette Paulze en la construcción del conocimiento en la controversia de las teorías del flogisto y oxígeno?

2. ¿Qué piensan acerca de las opiniones de los científicos a las actividades realizadas por Marie Anne Pierrette Paulze?
3. ¿Qué piensan acerca del papel que ocupa la mujer hoy en el día en el proceso de construcción del conocimiento científico? Describan y justifiquen sobre aquellas representaciones que consideran hay sobre la mujer en el campo científico.

### **COMUNICACIONES ENVIADAS A MARIE-ANNE PIERRETTE PAULZE.**

Los fragmentos que se presentan fueron apartados de cartas enviadas por reconocidos científicos, quienes visitaron el laboratorio de Lavoisier encargados por la real academia de Ciencias, los cuales interactuaron con Marie-Anne Pierrette Paulze. En primer lugar, Arthur Young, economista inglés que visitó a Lavoisier en 1787, quien envió la siguiente correspondencia:

*“Madame Lavoisier, una persona llena de animación, ciencia y conocimiento, nos había preparado un desayuno inglés con té y café, pero lo mejor de su comida fue, sin duda, su conversación, ya sea sobre el ensayo sobre la obra de M. Kirwan sobre el flogisto que está traduciendo, o sobre otros temas que una mujer sensata que trabaja en el laboratorio de su marido sabe tan bien cómo hacer interesantes”* (Young, 1787, como se citó en Pérez 2020, p.96).

**Fragmento de la carta enviada por Nicolas-Théodore de Saussure, en la cual resalta las actividades realizadas por Marie-Anne Pierrette, además de declararse convencido de la inexistencia del flogisto.**

*“Usted venció mis dudas, señora, al menos sobre el flogisto, tema principal de la interesante obra de la que me ha hecho el honor de enviarme un ejemplar [...] No puedo evitar encontrar que a pesar de la gracia y la precisión con la que ha devuelto su libro, el honor que le ha hecho, señora, al traducirlo, es desastroso para su reputación”* (kawashima 2000, p. 239-240)

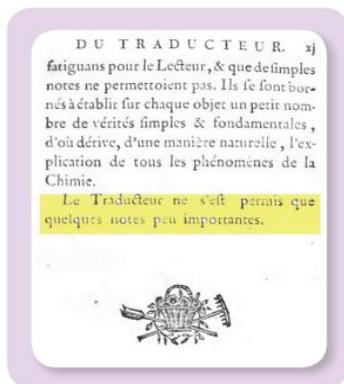
**Fragmento en el cual Marie-Anne Pierrette Paulze describe sus propias actividades.**

Marie-Anne Pierrette Paulze realiza la traducción al francés del libro *Ensayo sobre el flogisto y la constitución de los ácidos* de M. Kirwan (1735-1812); En el que se incluyeron notas de científicos que ya en el momento apoyaban a Lavoisier como lo eran MM de Morveau, Simon Laplace, Gaspard Monge, Louis Berthollet & de François de Fourcroy, los cuales se hicieron cargo de la refutación de los argumentos de Kirwan para mostrar la superioridad de la teoría de Lavoisier sobre la teoría del flogisto. En la siguiente comunicación, ella describe lo realizado y expresa puntos de vista sobre su trabajo. Finalmente “Richard Kirwan renunció a sus opiniones, abandonando la teoría del flogisto y aceptando la doctrina antiflogística” (Katz, 2016, p.37). Se presenta el prefacio del libro el cual fue elaborado por Marie Anne Pierrette, (véase la figura 17), donde la autora resalta de color amarillo las notas que ella realiza, indicando que son de poca importancia. A continuación, la traducción del mismo:

*[...] intentamos que [la traducción] fuera literal que la diferencia de idiomas podría permitirlo y expresar de la manera más clara y precisa las ideas del Sr. Kirwan: la extrema exactitud que requieren los temas científicos requiere la mayor severidad en la elección de las expresiones. Pero esta obra no habría hecho avanzar suficientemente la revolución que se está elaborando en Química, y el objetivo de utilidad que se proponía, no se habría completado, si no se hubiera adjuntado a la traducción del trabajo del Sr. Kirwan, las observaciones a las que podría dar lugar [...]El Traductor se ha permitido sólo unas pocas notas sin importancia. (Kirwan, 1788, como se citó en Pérez, 2020, p.90)*

### Figura 13

*Prefacio de la traducción al libro de S. Kirwan por Marie Pierrette.*



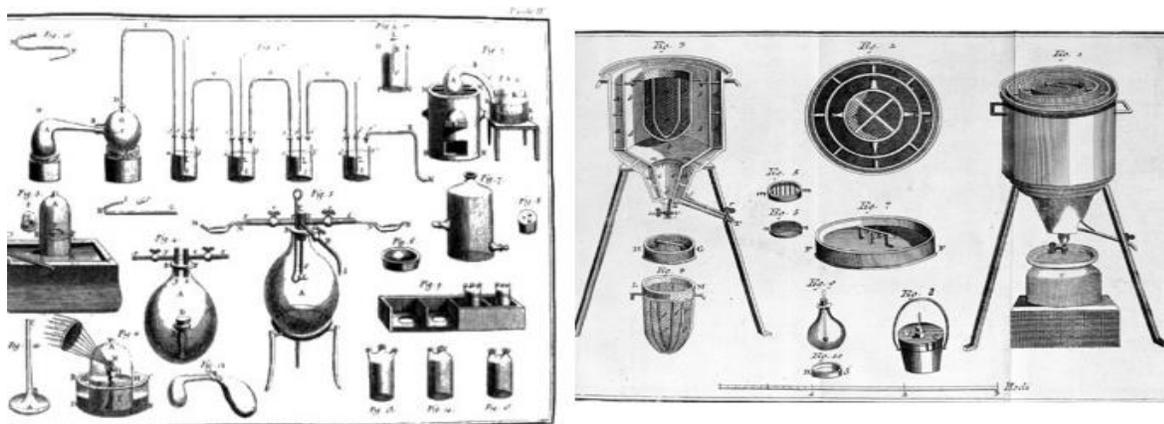
*Nota.* En color amarillo se resalta las palabras de Marie Anne Pierrette donde la misma sostiene que el traductor se ha tomado el permiso de incluir notas de poca importancia.

### MARIE ANNE PIERRETE Y SUS DIBUJOS SOBRE EXPERIMENTOS E INSTRUMENTOS EMPLEADOS PARA EL ESTUDIO DE LA TEORÍA DEL OXÍGENO.

Marie-Anne Pierrette Paulze realizo 13 planchas grabadas, publicadas en el Volumen 2, Tratado Elemental de Química de Lavoisier. (véase la figura 14). En esta se observa la precisión del detalle de los instrumentos, al igual que la autora incluye una descripción indicando el nombre del instrumento.

#### Figura 14

*Planchas elaboradas por Marie Anne Pierrette. Tomado de Bell (2005/2013).*



#### Figura 15

*Retrato de Marie Anne Pierrette en el laboratorio. (Bell, 2005/2013).*



*Nota.* Marie Anne Paulze se retrata a ella misma en un costado tomando nota de lo que acontecía en el experimento.

### **Protocolo de Compromiso ético y Acta de Consentimiento informado para participantes**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:** Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del Flogisto y del Oxígeno.

**Investigadora:** María Daniela Arenas Álvarez

**Asesor del proyecto:** Ángel Enrique Romero Chacón

**Estimado participante:**

#### **Introducción.**

Usted ha sido invitado a participar en el Proyecto de Investigación titulado *Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del Flogisto y del Oxígeno*, cuya investigadora es María Daniela Arenas Álvarez, estudiante de la Maestría en Educación de las Ciencias Naturales, bajo el acompañamiento del profesor Ángel Enrique Romero Chacón, profesor-asesor de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

El objetivo de la investigación es analizar los aportes del uso de Controversias Históricas Científicas en la articulación entre la formación en ciencias y la formación ciudadana en la enseñanza de las ciencias. Se prevé realizar el estudio con profesores en formación inicial de Licenciatura en Ciencias Naturales, centrando la atención en indagar los significados, percepciones e ideas presentes en los discursos de los maestros en formación inicial respecto a la relación formación en ciencias y formación ciudadana, cuando reflexionan sobre la controversia de las teorías del flogisto y del oxígeno.

### **Procedimientos.**

Si Usted acepta participar en el estudio:

Se le solicitará que realice observación, lectura y análisis de algunas imágenes, videos, talleres y fragmentos de textos alusivos a la controversia entre las teorías del flogisto y del oxígeno y se le invitará a responder algunas preguntas en relación con el contenido de estos textos y sus apreciaciones sobre la formación ciudadana.

Le invitaremos, también, a participar en un grupo de discusión, junto con otras personas como usted, para conocer sus opiniones y experiencias acerca de las posibles relaciones entre una formación en ciencias articulado a aspectos de la formación ciudadana. Es importante aclarar que en el desarrollo de las actividades anteriormente descritas no habrá respuestas correctas ni incorrectas, solamente queremos conocer sus consideraciones acerca del tema objeto de estudio.

Si Usted está de acuerdo, se realizarán registros fotográficos y se grabara en audio y video las actividades que la investigadora considera relevantes, esto con la única finalidad de tener registrada toda la información y poder analizarla.

### **Beneficios.**

Al participar de todo este estudio los beneficios directos que Usted recibirá son los resultados de los hallazgos y análisis que le serán entregados por parte de la investigadora, y la posibilidad de participar de una experiencia formativa que le puede ampliar la comprensión y el conocimiento sobre otras formas en que las que se puede abordar la enseñanza de las ciencias, en particular,

aquellas centradas en el uso de la historia de las ciencias como un recurso en el que se pueden articular aspectos de formación ciudadana.

Si Usted participa en al menos 80% de las actividades propuestas en el estudio, recibirá una constancia de participación por parte del Grupo de Investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su enseñanza –ECCE. No se contempla ningún otro tipo de beneficios.

### **Confidencialidad / Devolución de la información**

La información obtenida en el estudio será de carácter confidencial, y se guardará el anonimato. Esta información será utilizada únicamente por el equipo de investigación del proyecto para el posterior desarrollo de informes y publicaciones en textos de divulgación y en revistas científicas. Aun cuando no podemos garantizar que los otros asistentes al grupo de discusión y en las plenarias guarden la confidencialidad de la información que se discuta, se les invitará a que eviten comentarla con otras personas. Para asegurar la confidencialidad de sus datos, Usted quedará identificado(a) con un número, o con un seudónimo (en caso de que usted lo suministre) y no con su nombre, lo que garantizará el compromiso de los investigadores de no identificar las respuestas y opiniones de los participantes de modo personal.

Todos los análisis y resultados del estudio le serán dados a conocer en primera instancia a Usted, para su conocimiento y validación. Igualmente, una vez terminado el estudio, se hará un encuentro con todos los participantes para presentar los hallazgos y conclusiones; esto con la intención de recibir sus observaciones y sugerencias, las cuales serán tenidas en cuenta en el informe final. Asimismo, recibirá invitación a la sustentación pública final de la investigación.

### **Riesgos Potenciales/Compensación**

Se ha considerado que su participación en este estudio no involucra ningún riesgo o peligro para su salud física o mental. Los encuentros se realizarán en la misma Ciudadela Universitaria (UDEA), lo cual evitará que Usted tenga que desplazarse a otros lugares. Los riesgos potenciales que implican su participación en el grupo de discusión son mínimos; si alguna de las preguntas o temas que se traten le hicieran sentir un poco incómodo(a), tiene el derecho de no comentar al respecto.

Igualmente, es importante precisar que Usted no recibirá pago alguno por participar en el estudio, y tampoco tendrá costo alguno para Usted.

### **Participación Voluntaria/Retiro.**

Su participación en este estudio es voluntaria. Su decisión de participar o no, no afectará sus derechos como profesor en formación de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. Si Usted decide participar en este estudio, es libre de cambiar de opinión y retirarse en el momento que Usted así lo quiera, sin recibir ningún tipo de sanción; en tal caso, la información que se haya recogido hasta la fecha será descartada y eliminada del estudio.

### **Datos de contacto:**

Cualquier pregunta y observación que Usted desee hacer durante el proceso de investigación podrá contactar a la investigadora principal María Daniela Arenas Álvarez, perteneciente al programa de Maestría en Educación en Ciencias Naturales, teléfono: 3113984594, correo electrónico: [mdaniela.arenas@udea.edu.co](mailto:mdaniela.arenas@udea.edu.co) Agradecemos desde ya su colaboración, cordialmente:

Investigadora Principal: María Daniela Arenas Álvarez.

Asesor: Ángel Enrique Romero.

### **ACTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.**

Yo \_\_\_\_\_, identificado con C.C. \_\_\_\_\_, acepto participar voluntariamente en la investigación Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del Flogisto y del Oxígeno, desarrollada por la estudiante del programa de Maestría en Educación en Ciencias Naturales María Daniela Arenas Álvarez, cuyo asesor es el profesor de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, Ángel Enrique Romero Chacón.

Declaro haber sido informado/a de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación. En relación con ello, acepto participar en las actividades individuales y colectivas, y consiento que se realicen registros fotográficos y grabaciones en audio y vídeo.

Declaro haber sido informado que las fuentes de información como escritos, intervenciones en el grupo de discusión, registros fotográficos, grabaciones de audio y video, se constituyen en bases

de datos para los propósitos señalados, y que estos datos que se recojan serán de carácter confidencial y no se usarán para ningún otro propósito fuera de los de este estudio.

Declaro haber sido informado/a que mi participación no involucra ningún daño o peligro para mi salud física o mental, que es voluntaria, que puedo hacer preguntas en cualquier momento del estudio y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mí. De igual forma declaro haber sido informado/a que por mi participación no tendré ninguna compensación económica.

Declaro saber que la información entregada será confidencial y anónima. Entiendo que la información será analizada por los investigadores en forma grupal y que no se podrán identificar las respuestas y opiniones de cada participante de modo personal.

Declaro saber que la información que se obtenga será guardada por el investigador responsable en dependencias de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y será utilizada sólo para este estudio.

Este documento se firma en dos ejemplares, quedando uno en poder de cada una de las partes.

Nombre del participante	Seudónimo (opcional)	Firma

Nombre del Investigador	Identificación	Firma

Para su constancia se firma a los \_\_\_\_ días el mes de \_\_\_\_\_ del 2023.

Cualquier pregunta que usted desee hacer durante el proceso de investigación podrá contactar a la profesora María Daniela Arenas Álvarez (investigadora) teléfono: 3113984594, e-mail:

[mdaniela.arenas@udea.edu.co](mailto:mdaniela.arenas@udea.edu.co)

### Registro en el diario de campo

Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del flogisto y del oxígeno.

#### FORMATO DE OBSERVACIÓN.

FECHA \_\_\_\_\_ SESIÓN \_\_\_\_\_

Hora inicio: \_\_\_\_\_ Hora de finalización \_\_\_\_\_

Descripción de la observación directa.	Resumen.	Interpretación

**Figura 16**  
Formato de Observación

7.3 Anexo 3. Registros en el diario de campo.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
Facultad de Educación

ECCO3 Grupo de Investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza

Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación científica y la formación ciudadana: el caso de las teorías del flogisto y del oxígeno.

FORMATO DE OBSERVACIÓN.

FECHA 31/Marzo/2023 SESIÓN #2

Hora inicio: 7:00 am Hora de finalización 12:00 pm

Descripción de la observación directa.	Resumen.	Interpretación
En el equipo 1 los participantes se distribuyen los roles para elegir los instrumentos, a que que sabe como funcionan los otros le prestan atención.	- Hay cooperación entre los participantes. - El conocimiento sobre los instrumentos esta orientando la Selección de estos.	La actividad permitio el trabajo colaborativo entre los participantes, asignados en roles. - Los participantes mostraron interés por el participante PS que combacia más instrumentos.
dos equipos que de tendian a <u>Sthal</u> manifestaron preocupación para elaborar la defensa (EQ3-4)	- Se evidenciaba una preocupación general para defender la perspectiva de <u>Sthal</u> .	- dos participantes (parece que) comprenden mejor la teoría de <u>Avogadro</u> y se les dificulta entender los postulados de <u>Sthal</u> .
En la defensa de las perspectivas, el EQ1 Interroga al EQ4 y sobre el uso de la balanza, asumen un dialogo donde el tono de voz, luego se rien e expresado que es solo una representación.	- En la defensa los participantes buscan interrogar a los otros.	- los participantes parecen que consideran que para defender sus ideas deben crear un ambiente de debate, y cuando <u>preguntas</u> con las respuestas de los participantes se evidencia coherencia activa en el debate.

### Protocolo de Entrevista semi estructurada

La siguiente entrevista se desarrolla en el marco de la investigación denominada.

**Las controversias histórico científicas como alternativa de articulación entre la formación sobre ciencias y la formación ciudadana: El caso de las teorías del flogisto y del oxígeno.**

**FECHA:** \_\_\_\_\_ **SESION #3** \_\_\_\_\_

**Investigadora: María Daniela Arenas A.**

**Descripción:** Con esta entrevista se tiene la intencionalidad de complementar algunos aspectos de la información recolectada a través de sus opiniones y percepciones.

Se les recuerda que no se pretende juzgar ni hacer ningún tipo de juicio de valor a las mismas, por tanto se espera que se sientan en total tranquilidad de responder con naturalidad.

#### **Preguntas.**

1. ¿Cuáles son sus opiniones acerca de la manera en que se implementaron las actividades?
2. ¿Qué aspectos se destacarían de la metodología implementada en las sesiones?
3. Con respecto a la primera actividad ¿Qué opinión tienen acerca del debate entre las diferentes explicaciones que se les dio a los procedimientos experimentales?
4. ¿cómo lograron llegar a un consenso?
5. ¿Algún otro equipo encuentra semejanzas con lo que estos participantes proponen?
6. En general ¿Qué consideraciones tienen acerca de las cuestiones que se abordaron de la controversia?
7. ¿Los aspectos que se abordaron en estos encuentros, creen ustedes que aportan a su proceso de formación como profesores de Ciencias? ¿En qué sentido les aporta?
8. ¿Qué opiniones tienen acerca de las discusiones y la manera en que estas se llevaron a cabo entre todos los integrantes del grupo?

**Formato de Matriz para la sistematización de las Unidades de análisis**

**Tabla 6**  
*Matriz de sistematización de Unidades de Análisis*

		Técnicas			
		Indicios	CUESTIONARIO	GRUPO DE DISCUSIÓN	ENTREVISTA.
Categoría 1	Indicio 1	EQ3: (C2-pg1).			
	Indicio 2	EQ3: (EQ1-C1-pg3).			
	Indicio 3	P:2 (EQ1-C1-pg2).			
Categoría 2	Indicio 1	EQ3: (C2-pg1).			
	Indicio 2				
	Indicio 3				
Categoría 3	Indicio 1	EQ1: (C4-pg1).			
	Indicio 2		P7: (EQ3-Gd4-pg3).		
	Indicio 3				P1: (E-pg2)

*Nota:* Se presentan ejemplos para evidenciar el proceso de sistematización de las unidades de análisis, algunas de ellas se ubicaron en más de 1 categoría, como la resaltada en color amarillo.

***Unidades de análisis.***

**CATEGORÍA: LA EXPERIMENTACIÓN COMO ESCENARIO PARA EL PLURALISMO.**

**Indicio: Reconoce que a partir de una misma situación experimental ocurren diversas explicaciones.**

P3: Sobre la situación experimental en recipientes cerrados teníamos la misma explicación, entonces la resolvimos por mayoría, ya que dos de los integrantes se basaron desde lo teórico en las leyes conocidas, pero una de nuestras compañeras estaba en desacuerdo sobre el peso de las sustancias y argumentaba desde lo experiencial, sobre lo que ella observaba en las situaciones cotidianas, pero a través del diálogo logramos explicarle y llegar al consenso para escribir nuestras respuestas. (EQ1-C1-pg3).

P6: Si el argumento de que, porque es transformación de la materia, pero no es que las sustancias desaparecen como se podría pensar, sino que lo que se da un cambio químico, porque se está quemando, obviamente, pero la materia sigue y está contenida. (EQ2-C1-pg1).

EQ1: No hay pérdida del peso, ya que la vela se encuentra en un sistema cerrado, por lo tanto, aunque la combustión se haga por completo no va a perder la materia, ya que los gases se producen y la cera siguen allí. (C1-pg1).

EQ2: Al estar en un sistema cerrado, se contienen los residuos resultantes de la combustión de los materiales, evitando su dispersión en el ambiente. Bajo la premisa de que la materia se transforma, pero no se crea ni se destruye, permitiendo mantener el equilibrio del peso. (C.1-pg1).

EQ3: La situación con el metal asumimos que esto es debido a que éste tiene una mayor densidad y al interactuar con el fuego provoca un cambio que hace que aumente su peso. (C1-pg1).

EQ4: En el caso de la situación con los metales, creemos que con el material que se expone a la combustión éste tiene una pérdida de masa, y por lo tanto desequilibrio la balanza por la liberación de partículas al ambiente. (C1-pg1).

EQ1: Sobre la experimentación de Lavoisier creemos que esta permitió que personas que estaban en contra y que defendían la postura contraria (flogisto) se terminaran convenciendo de que esta postura y forma de sustentar las teorías que estaban siendo aplicadas por Lavoisier era necesarios para seguir avanzando en la ciencia. (C2-pg1).

EQ3: El hecho de que Lavoisier discutiera su perspectiva con las perspectivas de otros autores le permitía tener diferentes puntos de vista que permitieron que él comparara y validara su experimentación con la teoría, incluyendo también una serie de dibujos de los instrumentos usados de tal manera que se pudiera observar las modificaciones realizadas. (C2-pg1)

P3: es un sistema abierto y están los vapores todavía alrededor pues como los gases entonces si peso lo que queda esto debería pesar más.

P2: ¡No!, debería pesar menos.

P1: Pues yo diría que debería pesar menos, ¿no? Porque pierde todo ese gas producto de la combustión, pues como está abierto. (EQ1-GD1).

P6: Para la situación de someter la combustión de un metal en un sistema cerrado con una cantidad limitada de oxígeno, creo que teniendo en cuenta que al haber una cantidad limitada de materia al interior del sistema, a pesar de la combustión la balanza se debe mantener en equilibrio.

P5: Teóricamente se debe mantener en equilibrio. Para no dar una afirmación total, escribamos que la balanza debería mantenerse en equilibrio o se espera que este en equilibrio. (EQ2-GD1).

P6: En un sistema abierto debido al peso obviamente se debe desbalancear la balanza

P4: ¿y cuándo se quema el metal? yo creo que también debe disminuir porque pierde masa

P5: no, es que mira en la imagen lo que puede suceder es que apenas comenzó la reacción, además cuando están en el sistema cerrado aunque se sabe que existen residuos que indicaron la pérdida de las sustancias no existe cambio en el peso, y ojo ponen un trozo de plastilina y queman es el metal. (EQ2-GD1).

P1: Si se debería observar residuos que indican la pérdida de sustancia, pero no hay variación en el peso, es decir aquí ya no debería haber madera. Pero el peso sigue, porque la combustión es un cambio químico. ¿Cierto? Se transformó, pero ahí sigue. Entonces para mí creo que está bien.

P3: Y en el otro caso cuando queman el metal, ¿aumentaría no? este estaría más pesado. (EQ1-GD1)

P3: ¿Cuándo queman el metal en este caso, aumentaría no? este está más pesado. es decir, baja el peso. Se le hace aquí contrapeso.

P2: Ah eso me refiero sí, sí, es decir este es más pesado y el lado de la plastilina sube.

P1: Ahí con ese material si hubo pérdida de masa porque se está consumiendo, se transformó la materia y se liberó. (EQ1-GD1).

P1: Estas experiencias son en parte como las realizadas por ese señor Lavoisier, quien quería demostrar que la materia se conserva en un sistema cerrado y él lo demostró. Es decir, él tenía como una idea en la cabeza, aunque su experimento era como extraño, entiendo que era como hacerlo a la inversa, convertir los materiales a lo que fueron una vez, ahí tenía como aún las ideas flogistas. Entonces él dijo [Lavoisier] si yo calculo este peso del agua y calculo el peso del gas me va a dar el peso inicial de lo que tuve al inicio, y pudo después de experimentar decir dicho y hecho. (EQ1-GD1).

P8: Creo que pesa más el que no se quemó en el sistema abierto

P9: Yo creo que pesa más el metal.

P7: ¿Usted dice que pesa menos la plastilina? ¿Pero es que debe pesar menos lo que se quemó y se dejó en un sistema cerrado no?

P8: Pero es que cuando se encerraron pesaban igual, no variaba el peso. Cuando es un sistema cerrado pesan lo mismo. Y en el sistema abierto pesa más lo que se quemó. (EQ3-C1-pg1).

P1: Pienso que [Lavoisier] era una persona muy meticulosa, es decir que calculaba todo, si él probaba hasta lo último sus experimentos, no presentaba nada hasta estar seguro y me parece totalmente adecuado, ósea, la verdad muy de acuerdo.

P3: Sí, muy respetable, tú no puedes llegar y decir ah, es que el primer experimento me salió y ya yo soy el más perfecto y dejemos hasta acá a la primera.

P1: Entonces hay que hacer una serie de experimentos, probar con diferentes cosas y como él tenía la posibilidad de hacerlo, entonces lo hizo. (EQ2-GD3).

#### **Indicio: Identifica en la discusión entre perspectivas una manera de construir conocimiento en colectivo.**

EQ3: Aunque tuvimos por momentos diferentes modos de explicar lo que creíamos que ocurría en los experimentos, finalmente llegamos al consenso cuando encontramos algo en común que nos permitía entender como la materia se conservaba y pues ahí pensamos la ley de la conservación, esto lo teníamos en común porque algunos lo recordábamos de la carrera, esto hizo más fácil que nos pusiéramos de acuerdo. (EQ1-C1-pg3).

EQ2: Teniendo en cuenta las experiencias y vivencias relacionadas a estas temáticas y recordando los experimentos que hemos observado en los cursos donde hablaban de Lavoisier en relación con la conservación de la materia, llegamos al consenso de manera unánime sobre el aumento de peso en la situación de la quema del metal. (EQ3-C1-pg3).

EQ3: Creemos que, si todos no conociéramos la ley de la conservación de la masa, hubiera sido más difícil, esto nos ayudó a llegar al consenso también sobre los instrumentos a utilizar y para dar las explicaciones a los experimentos, de no conocerla hubiera sido difícil llegar a acuerdos porque tal vez cada uno explicaría a su manera. (C1-pg3).

EQ3: Lavoisier deduce que la postura teórica de Stahl fue válida en su momento, al incluir en sus explicaciones sobre la explicación del fenómeno de la combustión ideas descritas desde la perspectiva del flogisto, este conocimiento de otras ideas permitió que Lavoisier considerara otras variables en sus experimentos lo que desembocó en una nueva perspectiva. (C2-pg1).

P8: yo entendí, era un sistema abierto, y no explico lo que ocurre con el peso del metal por la densidad porque no lo sé tan científicamente. Yo directamente asumo es por lo que conozco que los metales se queman y se genera más peso. Si me hago entender, yo no sabía que la densidad tenía que ver, entonces para que voy a decir mentiras, para que vamos a inventar, pero con la explicación que me dan entiendo que pasa eso. bueno porque yo simplemente decía se quemó y al quemarse asumo que tuvo una interacción con el fuego y que hizo que su peso se incrementara. (EQ3-GD3).

P8: Como ella me está explicando siento que tiene mucha lógica, por lo de la densidad, con su explicación encuentro como algo más lógico ¿entonces qué tal si ponemos esa explicación?

P.7: Si yo también estoy de acuerdo y tiene más sentido porque la densidad es igual a masa sobre volumen, alguna relación tiene con el peso, peso que no es peso, sino masa bueno, también peso porque hay también está ejerciendo gravedad. EQ3-GD3).

P7: Cuando se experimenta en un sistema cerrado y le ponen la tapita, se observa que existen residuos que indican la pérdida de sustancia, pero que no existe cambio en el peso, lógico porque el humo a pesar de que sea un gas, él pesa y como está cerrado y en el sistema abierto de vapores, simplemente se va al ambiente.

P8 Exacto, pero tengan en cuenta que en ese humo hay contenido diferentes gases.

P9 Ah sí, el humo no escapa y el gas tiene un peso, como la pipeta de gas que ahí todo está dentro, de pequeña no entendía que adentro había aire, y la gente decía es aire, es aire.

P8: ¡ojo, se dicen los gases, porque hay varios! (EQ3-GD1).

P3: La vela está encendida en un sistema cerrado, aunque yo no sé ¿por qué si es un sistema cerrado la vela todavía está prendida y se mantiene el peso cuando ya está más pequeña? No debería de apagarse.

P1: Si yo creo que la parafina es lo que le da el peso y como igual, aunque se derrita sigue ahí, además permanece encendida porque todavía hay oxígeno, debe ser porque apenas empieza la combustión. (EQ1-GD1).

P6: Para llegar a un consenso entre las explicaciones nos sirvieron los experimentos realizados por Lavoisier en relación con la conservación de la materia, llegamos al consenso de manera (satisfactorias, risas) unánime.

P5: Cuasi unánime porque siempre debatimos (risas), con el aumento del peso en la situación del sistema cerrado. (EQ2.GD1.)

P4: Cuando se quema el metal se tiene un agregado.

P5: Es que decir que se tiene un agregado algo suena muy extraño, es que esa palabra suena como si estuviera añadiendo algo.

P4: sí, es porque en la reacción se añade el oxígeno.

P5: Por eso lo digo, en sí es una interacción con el oxígeno y no es que se esté añadiendo algo.

P6: Bueno entonces unifiquemos como lo vemos, escribamos es como el resultado de la interacción del metal quemado con el oxígeno, así más completo. (EQ2-GD1).

P6: Esa última situación la explican entonces ustedes muchachos, porque esa propiedad del metal no sé cómo funciona, ¿cómo hace para ganar ese peso? Porque para mí debía ser menor porque se ve menos.

P4: Bueno yo creería que cuando se forma el óxido el oxígeno empieza a generar enlaces se convierte en óxido férrico o ferroso dependiendo de la cantidad de oxígeno disponible, al hacer esa interacción con el oxígeno gana peso, es como si Maicol es el hierro y yo llevo y me uno a él (risas) entonces molecularmente tiene algo que le está agregando peso aunque físicamente se vea como que se está desgastando.

P5: Es el agregado del oxígeno, el peso del oxígeno, hierro más oxígeno. (EQ2-GD1).

P1: Podemos hacer como hizo Lavoisier para justificar lo que queremos decir, podríamos demostrarlo con esa teoría, bueno la experimentación, además de usar los escritos de otros científicos que también estén estudiando lo mismo, o usar más materiales como el papel para que otros lo intenten. (EQ1-GD1).

**Indicio: Reconoce un vínculo entre instrumentos y materiales con la presencia de una perspectiva teórica.**

EQ2: Manteniendo el sistema tanto abierto como cerrado, pero cambiando los materiales que se expondrían a la combustión tales como: materiales que en su estructura contengan alta cantidad de oxígeno como espuma o hormigón. (C1-pg1).

P3: Uno de los criterios fue la viabilidad inmediata para aplicar el mismo experimento, esperábamos que los demás contaran con los recursos para hacerlo. (EQ3-C1-pg2).

P2: Manteniendo el sistema tanto abierto como cerrado, pero cambiando los materiales que se expondrían a la combustión tales como: materiales que en su estructura contengan alta cantidad de oxígeno como espuma o hormigón. (EQ2-C.1.pg2).

EQ3: Pensamos que sin importar el material utilizado siempre se debe observar que se cumple la ley de la conservación de la masa dentro de un sistema cerrado esto sin decir que un sistema abierto la masa desaparece ya que esta se libera (C1-pg3).

P2: Utilizaríamos otros experimentos de combustión como "la serpiente negra" "quema de papel" y la idea con esto es demostrar la transformación de la materia, también usaríamos como apoyo el experimento de Lavoisier sobre el sistema cerrado porque como algunos lo conocen nos pueden entender nuestras explicaciones. (EQ1-C1-pg2).

P6: Entonces sería al encontrarse los dos elementos en el sistema abierto porque hablan de plastilina y hablan de acero.

P4: Pero es que la plastilina en sí, es solo para sostener el peso, es como el sistema de referencia. (EQ2-GD1).

P1: Nosotros además vamos a utilizar un gasómetro. Como pueden observar acá, lo utilizamos para pesar el volumen del gas antes y luego de la combustión, debido a que tenemos la idea de que en un sistema cerrado no debe haber pérdida de materia, demostrando que, si variamos la cantidad de gas, el incremento de peso en las sustancias coincide con el gas que absorben.

P2: y además... bueno, no usamos cualquier instrumento, lo fuimos adaptando poco a poco cuando íbamos replicado una y otra vez los experimentos; esto con el fin de apreciar si en efecto el volumen del gas era estable (EQ1-GD2).

P3: Entonces igual se sigue manteniendo el peso en el sistema cerrado. Es por eso por lo que se mantienen las pesas.

P2: Yo digo que es eso, o puede que sea una balanza de mucha sensibilidad, como las analíticas, las que hay en el laboratorio, que es con cuatro dígitos.

P1: Ah sí, como dijo el profe que tiene decimales, que cuando usted se apoya en la mesa y ya cambia, entonces con ese si podríamos explicar que si disminuyo el peso en la balanza es por un agente externo. (EQ2-GD1).

P4: Si mira, por eso Lavoisier para poder demostrar las cosas, pasaba agua por el tubo, y tenía una varilla de hierro porque como el oxígeno oxidaba la varilla, y por eso la varilla tenía un peso extra.

P5: Ah claro por eso él todo lo peso, tenía la idea de que podía darle el mismo valor. (EQ2-GD1).

P6: La modificación que yo haría es que no colocaría elementos diferentes, sino que colocaría el mismo elemento y lo colocaría en tanto en un ambiente abierto como en uno cerrado.

P5: ¿Ambos?

P6: Sino que no usaría tantos elementos que una vela, que madera o que otra cosa, quemaría la misma vela con un mismo material en un sistema abierto y en uno cerrado por si otros quieren repetirlo, porque mira que debemos justificar porque hacemos esto y con más materiales puede que sea más complejo lo que les den a ellos. (EQ2-GD1).

P9: Si estuviera en mis manos utilizaría una campana de vacío que sirve para ver cómo se comporta el cambio del aire en el vacío. Aunque se supone que si hay vacío no habría combustión

P8: Como una campana de extracción

P9: En teoría, con este instrumento como hay vacío no habría combustión por el oxígeno. (EQ3-GD1).

P8: Pero es que una campana de vacío solo la tiene la NASA.

P9: Por eso dije si estuviera en mis manos, pero como somos pobres.

P7: Podríamos usar algo más accesible que todos pudieran utilizar para que puedan hacer igual el procedimiento que proponemos y nos entiendan. (EQ2-GD1).

P4: Entonces finalmente pongamos conseguir un material que en su estructura posea una alta cantidad de oxígeno porque eso es lo que nos interesa explicar, entonces podemos colocar espuma, hormigón ¿qué otras cosas? Telas no sé. (EQ2-GD1).

P7: Si estamos con la idea de la conversación de la masa pensé en procedimientos similares, porque si con el metal se supone que queda pesando más me pregunto qué pasa si yo quemo la plastilina, o que pasa si no quemo ese metal sino otro. ¿Entonces debería ocurrir lo mismo? (EQ3-GD1).

P3: Sin importar el material utilizado siempre se puede observar cómo se cumple la ley de la conservación de la masa dentro de un sistema cerrado sin decir que un sistema abierto la masa desaparece, ya que esta se libera. (EQ3-GD1).

P8: A mí lo único que se me ocurre como otro experimento sería con agua y calentarla para que se evapore, poner en una balanza dos líquidos y en uno ponerle debajo un mechero, uno está en un sistema abierto y el otro está en un sistema cerrado, en una olla presión, a ver si pesa más o pesa menos ¿Me hago entender hacer ese experimento? Pero no se siento que es como exactamente la misma forma de lo que ustedes proponen, pero con otros materiales.

P.9: Pero no creo que sea malo, estas cambiando metales por líquidos, igual con ese experimento podemos mostrar lo que causa en el peso. (EQ3-GD1).

P5: Teóricamente según esto que queremos explicar se debe mantener en equilibrio. Pero no demos una afirmación total, digamos la balanza debería mantenerse en equilibrio o se espera esté en equilibrio, porque pueden que aparezcan otras observaciones. (EQ2-GD1).

#### **CATEGORÍA: COMUNICACIÓN COMO BASE PARA LA ALTERIDAD.**

**Indicio: Reconoce que los argumentos de los demás influyen en la transformación de sus razonamientos.**

P4: Cuando las sustancias están en el sistema cerrado, aunque se sabe que existen residuos que indicaron la pérdida de las sustancias y no existe cambio en el peso, ponen un trozo de plastilina y queman es el metal.

P6: Ahí, era el metal, no lo había entendido, ah si en ese caso sí, es que no había entendido que era el metal, con razón. (Eq2-C2-pg1).

EQ3: El hecho de que Lavoisier discutiera su perspectiva con las perspectivas de otros autores le permitía tener diferentes puntos de vista que permitieron que él comparara y validara su experimentación con la teoría, incluyendo también una serie de dibujos de los instrumentos usados de tal manera que se pudiera observar las modificaciones realizadas. (C2-pg1).

P6: Me preocupa es que, por ejemplo, en estas preguntas pues yo pensaba se quemó la materia en un sistema abierto y en la balanza debe haber un cambio en el peso.

P5: Si debe disminuir.

P6: ¿No debería haber una igualdad? aunque no lo entiendo bien.

P5: A ver también uno debe pensar en si apenas empezó la reacción.

P6: Ah, ahora sí pues eso puede influir en que la balanza se mantenga en equilibrio, aún no registra los datos. (EQ2-C2-pg1).

P7: Miren acá nos preguntas si necesitaran hacer una defensa de sus ideas (risas), pues si no creen que no crean, mmm entonces soy tan mala científica ¿qué aspectos consideraríamos aplicar cuando defendemos las ideas? ¿ustedes que harían?

P11: No sé, yo creo que igual uno necesita explicarse ante los otros, no es tan sencillo decir bueno no crean y ya. Creo que lo primero que es necesario comunicar son los resultados, y no solamente los resultados, sino la manera en las cuales llegamos a los resultados (EQ1-GD3).

**Indicio: Reconoce al otro como interlocutor válido en la interacción dialógica.**

EQ1: Como estrategias para convencer a los otros utilizaríamos: Describir bien los resultados y el cómo llegamos a estos mismos, ya que esto genera confianza y veracidad. Resaltar la importancia que tiene la ciencia. Tener presente el contexto del público al cual me estoy dirigiendo ya que el lenguaje que utilizo no será el mismo en diferentes contextos y la claridad de los términos y conceptos es vital para la comprensión de los demás de lo que quiero comunicar. Conocimiento y seguridad para expresar las ideas que se van a defender. (C2-pg2).

EQ2: Generar un comunicado fácil de entender para los demás sobre las ideas que estamos defendiendo. (C3-pg3).

EQ2: Ser diplomáticos a la hora de dar una idea sobre el tema científico que quiero defender, además estar dispuesto a recibir críticas. (C3-pg3).

EQ3: Nosotros debatimos que primero debíamos estar preparados ante contra argumentos y pensar la manera para salir ante estos con el discurso, es decir pensar que nos podían preguntar desde la otra perspectiva, además de cómo iba a ser nuestra forma de responder. (C3-pg2).

EQ3: En sus cartas mencionaba que Stahl como científico permitió a través de sus aportes un avance en la química, pero deducimos que Lavoisier deduce que la postura teórica de él fue válida en su momento, lo que nos parece bien por el reconocimiento que hizo de sus aportes. (C3-pg1).

EQ3: Además, en sus cartas se refleja que Lavoisier no pretendía atacar a Stahl como científico, sino que buscaba refutar la teoría que había propuesto. (C2-pg1).

P3: ¿Qué otros instrumentos o procedimientos vamos a utilizar para justificar nuestras explicaciones? ¿qué haríamos?

P2: Podemos usar una balanza.

P3: ¡Sí! donde primero pesemos un papel, cuando este sin calcinar, entonces ya luego deberíamos tener un material y pesarlo cuando ya está calcinado. ¿Esa podría ser una manera? (EQ1-GD2).

P1: El peso sigue, porque la combustión es un cambio químico. ¿Cierto? Pero ahí sigue. Se transformó, pero ahí sigue. Entonces para mí creo que está bien. (EQ1-Gd2).

P1: Me parece muy acertado como Lavoisier se comunicó. Para mí, si hay pertinencia como hizo las cosas, porque pues no tenía como datos exactos hasta ese en ese momento, entonces no podía tener la certeza para una publicación definitiva como tal.

P2: Además hay que tener en cuenta que el flogisto siempre permaneció durante mucho tiempo en la mente de las personas y había muchos que se aferraban a él.

P1: Si el flogisto fue algo muy importante, durante mucho tiempo. Entonces me pone a pensar, al llegar un científico de un momento a otro y decir que eso no está bien, eso es como ignorar los pensamientos de la comunidad en su mayoría, y pues igual, aunque fueran unos pocos. Pues obviamente había que hacer más y él lo hizo. (EQ2-GD3-pg1).

P6: Esa última situación la explican entonces ustedes muchachos, porque esa propiedad del metal no sé cómo funciona, ¿cómo hace para ganar ese peso?

P4: Bueno yo creería que cuando se forma el óxido el oxígeno empieza a generar enlaces se convierte en óxido férrico dependiendo de la cantidad de oxígeno disponible, al hacer esa interacción con el oxígeno se pierde peso, es como si p.5 es el hierro y yo llego y me uno a él.

P5: Entonces ya pesé más, molecularmente tiene algo que le está agregando peso, aunque físicamente se vea como que se está desgastando. (EQ2-GD1).

P1: Además la manera en que él se comunica con los otros [Lavoisier], basado en argumentos que se desprenden de sus propias investigaciones.

P7: Sí, un caso de eso, es que vea por ejemplo lo que decía [Macquer] Este hombre era flogista, y él fue el que hizo esta reseña, él dice que Lavoisier ha sometido todos sus resultados a medición, cálculo y balanza, método riguroso que felizmente, ¡felizmente para la química!, comienza a ser indispensable en la práctica de esta ciencia. O sea, alguien que era flogista, y que de por medio de nuevas razones ya paso a defender a otro, acá se ve como Macquer paso a pensar diferente.

P11: Sí, con eso se ve la forma tan contundente de comunicar sus resultados, que es capaz de hacer que los del caso contrario le dieron la razón. (EQ1-GD3).

P1: Al discutir con mis compañeros sobre las ideas que yo tenía, el dialogar con ellos me ayudaron a aclarar dudas que tenía sobre esos experimentos. Yo creía por ejemplo que podía pesar menos, pero no sabía nada sobre a nivel micro o sobre la densidad, con las explicaciones de ellos aprendí más. (E-pg3).

**Indicio: Identifica los discursos científicos están permeado por valores, antivalores e intereses.**

EQ3: Lavoisier enviaba cartas donde informaba detalladamente sobre los materiales, procedimientos utilizados, resultados obtenidos. También comunicaciones donde discutía sus ideas con las perspectivas de otros autores, lo que permitía tener diferentes puntos de vista para comparar y validar su experimentación con la teoría, incluyendo también una serie de dibujos de los instrumentos usados de tal manera que se pudiera observar las modificaciones realizadas. (C3-pg1).

EQ2: La forma de ser de Lavoisier influyo a la hora de comprender y producir conocimiento científico porque era una persona muy meticulosa que le gustaba comprobar su teoría de hacerla pública. (C3-pg1).

P1: Lavoisier comunicaba sus resultados basados en sus propios experimentos, los cuales repetía para comprobar que los resultados fueran siempre similares y ya ahí si después ofreció una explicación, pues un argumento de lo que pasada. Este mismo estilo de experimentación permio que personas que estaban en contra y que defendían la postura contraria de los flogistas se terminaran convenciendo de que su postura. (EQ1-C3-pg1)

EQ2: El estilo de comunicación de Lavoisier era pasivo-agresivo, y generaba un cierto malestar para aquellos que refutaba, pero es entendible su forma de comunicarse para la época debido a que era un personaje importante, con un estatuto social y económico bueno, por lo cual, su forma de expresarse es directa. (C3-pg1).

EQ2: Pensamos que la forma en que Lavoisier actuó fue muy pertinente porque él prefirió primero comprobar a través de diversos experimentos antes de asegurar que su pensamiento acerca del flogisto saliera a la luz. Para nosotros ese actuar fue muy inteligente, fue meticuloso, porque es importante estar seguro en lo que decimos para no caer en falacias. Además, el flogisto era una idea que para la época era muy importante y otras personas creían en él, entonces cuando eso pasa debemos ser precavidos y pensar en lo que van a decir los otros, así como Lavoisier fue precavido, cuidando su reputación. (C3-pg3).

EQ3: Esto le permitió [mantener la comunicación en privado] garantizar que el experimento si funcionará y al pedir que no sea abierta hasta determinada fecha, le permitió ganar tiempo para tener la certeza de que la información que iba a publicar estaba bien (C3-pg3).

EQ1: Fue muy precavido [Lavoisier], actuó de manera inteligente ya que se aseguró de tener todos los argumentos a su favor antes de llevarlos al público; esto le permitió tener total seguridad acerca de sus teorías y convencer al público de tal forma que no quede duda para el ser cuestionado. (C3-pg3)

EQ2: Ella era más expresiva [Marie Anne Pierrette], tenía la capacidad de habla con la gente, habilidad completamente importante para la divulgación de los resultados. (C4.pg1).

P1: Deducimos que Lavoisier expone que la postura teórica de Stahl fue válida en su momento, al responder sobre la explicación del fenómeno de la combustión retomando las ideas que se describieron del flogisto, porque esto permitió que Lavoisier considerara otras variables realizando otra experimentación que desembocó en otra nueva perspectiva. (EQ3-C3-pg1).

EQ1. Su papel fue fundamental [Marie Anne Pierrette], ella se encargó de las relaciones públicas y personales requeridas para visibilizarlos los estudios y obtener financiamientos. (C4-pg1).

P3: Tuvimos en cuenta para convencer a los sobre nuestros experimentos, pensar en la viabilidad inmediata para que ellos aplicaran los mismos procedimientos, entonces pensamos en recursos que creemos que ellos pueden acceder (EQ1-C1-pg2).

P7: Considero que en la explicación de un tema científico ante otros colegas, uno sabe por lo menos que tienen un mínimo de ciencia, ¿Cierto? entonces tengo que saber cómo usar el lenguaje, yo creo que entonces el contexto es importante para uno defenderse, incluso si el científico le va hablar a otras personas que no sean del medio debe pensar cómo es que les va a explicar las cosas.

P11: ¡Exacto! tener en cuenta el contexto del público al cual yo me estoy refiriendo, más bien el cual me estoy dirigiendo y al cual le estoy mostrando también cómo las ideas que estoy defendiendo.

P7: Entonces nosotros debemos tener en cuenta el contexto, porque ese contexto nos va a ayudar a nosotros a poner el mismo conocimiento, pero en diferentes palabras, de manera que el conocimiento le llegue a todo el mundo y que se pueda entender de igual manera o por lo menos que todos puedan llegar entender las ideas para que se dé un consenso. (Eq1-GD3).

P1: Yo digo que el contexto de esa época se prestaba para ciertas maneras de comunicarse, no había como tanta dificultad para decir lo que se pensaba, y tomando en cuenta que Lavoisier no era una persona de clase baja, pues alguien sin importancia. Él era una persona importante como tal, él era un recaudador de impuestos, él tenía dinero y tenía el apoyo de su esposa, que igual era noble, entonces digamos que también la forma en que como él se comunicaba tenía que ver con su contexto. Él que va a presentarse ante la comunidad científica en plan de mendigar, ¡no mendiga dinero ahora va a ir a mendigar que le crean! a decir por ejemplo que pena con ustedes si le ofenden mi manera de ver las cosas, o por ejemplo que pena con ustedes pero eso está mal, a ver cómo les explico esa teoría no es lo mejor, la verdad es que hay otras cosas

P2: Si como ser humilde con la opinión, en este caso humildad jamás, él de una vez dijo esto no sirve, yo también creo que eso influyó para que se comunicara de esa manera. (EQ2-GD3).

P3: Si como nosotros no estamos en los tiempos de Lavoisier, hay que ser muy cuidadosos con la forma de decir las cosas.

P2: Si es como decir respeto tu opinión equivocada, pero la respeto, ¿listo?

P1: Sí, igual cada uno piensa las cosas a su manera, podría mejor uno decirle toma en cuenta que te podrías ir por otro camino, ósea darle otras posibilidades. (EQ2-GD3).

### **CATEGORÍA: LAS COMUNIDADES CIENTÍFICAS COMO EJERCICIO PARA LA PARTICIPACIÓN E INCLUSIÓN.**

#### **Indicio: Reflexiona sobre el rol de la mujer en la controversia y lo extrapola a otros ámbitos sociales.**

EQ1: Su papel fue fundamental [Marie Anne Pierrette] en la ciencia, logro visibilizar los experimentos de Lavoisier por medio de los dibujos en sus planchas, al igual que las traducciones de obras sobre la teoría del oxígeno que dieron validez a la hipótesis de su esposo. Se encargó también de las relaciones públicas y personales que necesitaba el científico para mostrar sus estudios y obtener financiamientos ante la comunidad científica (C4-pg1).

EQ1: Consideramos que la mujer tiene toda la capacidad intelectual y física de desempeñarse como científica, o en cualquier área. Hay que seguir luchando ante esta problemática, permitir que desde las escuelas se observe que la mujer ha aportado en la ciencia y esto lo podemos hacer desde nuestro rol de profes; es que debemos educar en los beneficios que tiene una mayor paridad entre géneros, porque eso les permite a las mujeres igualdad salarial, posibilidad de patrocinios o mayor apoyo en las publicaciones. (C4-pg1).

EQ2: El papel de la mujer aún no es el que ella merece. Si bien se ha dado visibilidad a científicas aún no es el reconocimiento que merecen. Incluso hoy en día en la escuela aún no se da esa visibilidad por ejemplo no se abordan los trabajos de Rosalind Franklin y otras científicas.

Es importante que se visibilice el trabajo de las mujeres para que sean un ejemplo para las niñas que quieren continuar su carrera en la ciencia viendo como las científicas pudieron hacerlo. (C.4-pg1).

EQ3: Aunque ha pasado mucho tiempo desde la época de ella [Marie Anne Pierrette] todavía se tienen algunos límites y rechazos frente a la posición de la mujer en el desarrollo científico como ejemplo cuando le ponen trabas administrativas a las mujeres para la utilización y espacios para el desarrollo de investigaciones. (C4-pg1).

P1: Pensaba en el rol social que tuvo Marie Anne en la ciencia, porque en medio de ser así tan cercana así a la gente, permitió que conocieran la obra de su esposo, entonces ¿la ciencia es para quién? la ciencia es para todos.

P5: Sí, la importancia de socializar, Marie Anne era por decirlo así, la que tenía la empatía de socializar. (EQ2-Gd4-pg1).

P4: Yo he notado y he visto en mi experiencia en la universidad, una idea predominante de que las mujeres son más tesas [tienen más capacidades] para las ciencias sociales y los hombres para las exactas, eso se ve en la cantidad de hombres que eligen para la carrera de ingeniería y en la cantidad de mujeres que estudiamos una licenciatura, o una carrera de ciencias sociales. También lo veo en el dinero que les invierten a esas carreras, eso también influye en lo de los salarios, pues en las carreras donde más se le invierte van a tener salarios más altos, y entonces la mujer va a ganar más poco. La idea para mí, para lograr una sociedad más equitativa, es por ejemplo que los hombres pueden participar de las ciencias sociales y las mujeres pueden ingresar a las ciencias exactas. (EQ3-GD4-pg2).

P11: Ahora que mi compañero menciona sobre el aula de clases de ciencias, otro aspecto a reflexionar es sobre los currículos, es importante que consideremos estereotipos estamos llevando a través de los libros de textos, por ejemplo, que doctores, científicos, químicos estamos mostrando. Nosotros hablamos en nuestro grupo sobre las investigaciones de Rosalind Franklin con Watson y Crick, y nos cuestionaba ¿porque se les da más relevancia en algunos textos a las investigaciones de ellos sobre el ADN y porque se deja de lado el trabajo de ella? Yo siento que hay un trabajo muy grande desde la educación, desde los docentes a pensar que vamos a contar sobre las mujeres; incluir trabajos de mujeres que han sido claves y las dificultades que han tenido, son cosas que deberíamos de llevar al aula. Además, esto es clave para motivar a las niñas para que sigan en el campo científico. (EQ3-GD4-pg2).

P4: Si y es que miremos en ese fragmento de los científicos donde ellos dicen que era una mujer con mucho conocimiento científico, siento que de alguna en esa expresión si le dieron algo de reconocimiento, que era una mujer y que podía saber de ciencia, pero como tal el término de llamarla científico no se le da. (EQ4-GD4).

#### **Indicio: Cuestiona actitudes y estereotipos sobre el papel de la mujer en las comunidades científicas.**

EQ3: Consideramos que a pesar de todas estas contribuciones que hizo a la teoría del oxígeno, represento un papel secundario dentro de los procesos experimentales dado que no fue reconocida como científica por parte de los demás, y como era mujer, era solo considerada la cara pública de Lavoisier. (C4-pg1).

EQ2: Sus traducciones y la precisión que tenían sus dibujos permitieron que otros científicos se acercaran en ese momento a lo que se estaba discutiendo en la controversia, un conocimiento alrededor de ambas teorías. Ella participó activamente en charlas y sus observaciones a la obra de Mr. Kirwan ayudaron a otros científicos a aclarar dudas sobre la perspectiva del flogisto, sin embargo, la manera en que se refirieron a Marie Anne en sus cartas no muestra ese rol que para nosotros fue importante, decir que era buena cocinera o tenía mucha capacidad para hablar es limitar su papel de científica en todo ese asunto. Nos genera malestar que se mencionen estas actividades sobre muchas otras que ella realizó. (C4-pg1).

EQ3: Considerar los postulados y teorías, lo que permite tener fundamento teórico y un recorrido histórico de la propuesta que vamos a presentar logrando con ello visualizar la importancia en cierta comunidad. (C3-pg3).

P.8: No hay razón para otorgarles [a las mujeres] un trabajo sobre otro, es que, si miramos el desarrollo de los lóbulos cerebrales, estos no distinguen sexo biológico, con esto queremos decir que tanto hombres como mujeres están en capacidad de desarrollar ciertas habilidades

ligadas a las inteligencias múltiples que son independientes del sexo biológico, por eso no tiene sentido afirmar que los hombres tienen mayor capacidad para las ciencias exactas y las mujeres para las sociales. (C4-pg1).

EQ3: Algunos estereotipos como "la mujer debe estar oculta" "la mujer debe ser sumisa", y por esto creemos que algunas las mujeres tuvieron que disfrazarse de hombres para tener lugar en el campo científico. Las mujeres científicas deben parecerse a los hombres en sus actitudes para ser tomadas en serio. (C4-pg1).

P7: Bueno, ella fue una científica, es que si uno ve todo el trabajo que hizo, era eso, solo que a ella no le dieron el reconocimiento por la época, pero para ese tiempo era como lo normal, antes era mucho que el esposo la dejara meterse en eso.  
P5: Sí, inclusive que haya podido estudiar y el saber tantos idiomas, le permitió que se difundieran toda la teoría, y así lograron hasta financiamiento.

P7: Muchas mujeres en ese tiempo tuvieron papeles sumamente importantes y son contadas, muy contadas a quienes la comunidad le reconocía sus aportes desde su autoría, siempre se decía fue la esposa de, tal cosa de, osino con el nombre oculto. (EQ1-Gd4-pg1).

P7: Si yo creo que a los hombres los contratan mucho más fácil porque las mujeres podemos quedar en embarazo, de hecho, es una pregunta que no debería hacerse en una entrevista, ¿planeas tener hijos? ¿estas embarazada? Porque eso significa que no eres elegible, porque te voy a tener pagar por no hacer nada, y además de eso siento que aún falta mucho en la ciencia para darle un papel protagónico a la mujer, falta muchísimo, hay una diferencia bastante considerable, por el hecho de que nosotras siempre estamos valorizadas a partir de la imagen, si pensamos en una científica que referentes tiene, una mujer que no se arregla, una mujer que es tosca, que todo el tiempo es fría, solterona, todo eso se encierra en que la mujer tiene que tener características masculinas para que sea tenida en cuenta. Por ejemplo, recuerdo un reinado que fue hace como 4 años, una Miss Universo no sé de donde era química, y en su representación hacía mezclas y eso genero sorpresa, porque mostro que la mujer no solo puede ser bonita sino científica, pero ahí hay una cuestión de cómo se ven la mujer, eso es un círculo horrible de pensar que valemos por lo bonita que somos. (EQ3-Gd4-pg3).

P2: La mujer ha sido vista por la sociedad y dentro de las familias como cuidadoras, madres, es decir un ser maternal, todas estas maneras de percibir a la mujer construyen una imagen de la mujer ya sea en ámbitos científicos o en otros sectores, es así como desde estos imaginarios la mujer debe pertenecer a carreras asistenciales, como psicología, enfermería, y de esta manera están viendo mejor vistas. Inclusive parece que da más confianza de que me revise una doctora, que me revise un señor que es más brusco, más tosco. (EQ2-Gd4-pg.2).

P.5: Estas reflexiones me llevaron a pensar en el aula de clases, me cuestiono como hacer con esos prejuicios sobre la mujer, que en muchos casos se dan hasta en la familia, cuando se cree que las niñas deben hacer el oficio y que ni piensen en trabajar, ahora complejo uno romper esos imaginarios o llevarlas a pensar en opciones como las ciencias. Me cuestiona sobre mi rol de maestro y como ir apartando ese pensamiento de la desigualdad de género desde lo cultural y lo familiar. (C4-Gd4-pg3).

P.4: Yo creería que ella {Marie Anne} no es que haya decidido ser la asistente, creo que si uno está en un contexto que limita su participación en la ciencia, que era lo que creo que ocurría en ese momento, entonces a pesar de que ella conoce todo el trabajo de la teoría, no se coloca a la par en las publicaciones de la Real Academia de las Ciencias. Miren que tampoco aparece en obras de Lavoisier, no dice: este trabajo fue hecho entre mi colega y yo.

P.6: Sí, yo digo que eso también influyo, en que ella [Marie Anne] se ubique en el rol de solo traductora, creo que la misma época hizo que ni si quiera le digiera a su esposo, yo soy un par tuya en la construcción de esta teoría y participemos juntos como pares científicos. (EQ3-Gd4-pg1).

**Indicio: Ofrece una posición sobre las relaciones entre ciencia, género y sociedad.**

EQ.3: Durante toda la historia, el papel de la mujer ha sido muy importante en la construcción del conocimiento científicos, pero muchas han sido silenciadas, ocultadas y robadas por sus esposos o la sociedad misma. Actualmente se ha tratado de reconocer los aportes que han tenido (C4-pg1).

EQ2: La participación de Marie Anne es crucial en los conocimientos que se dieron, desde sus ilustraciones hasta el papel social de convencer a la gente de visitar el laboratorio de su esposo para que se diera a conocer su trabajo. Otro papel fundamental fue su trabajo realizando la traducción de las obras de su esposo y el trabajo de los flogistas. Ella era más expresiva, tenía la capacidad de hablar con la gente, habilidad completamente importante para la divulgación de los resultados. (C4-pg1).

EQ2: Consideramos que las actividades realizadas por Marie Anne fueron de vital importancia para la construcción del conocimiento científico sobre las teorías del flogisto y el oxígeno, sin desmeritar todos los otros aportes, inclusive los de los flogistas, debido a que con las críticas se avanzaba más en los estudios, pero es que hay que tener en cuenta que a ella no se le dio suficiente reconocimiento, eso inclusive pudo haberla limitado, o limitar sus aportes, vea las notas que ella indicaba diciendo que eran de poca importancia. (C4-pg1).

P.7: yo digo que eso que dice mi compañera es complejo, porque en donde se basa uno para decir que ella también quería desempeñar ese papel como científica, es que de hecho para mí se nota que ella disfrutaba mucho hacer los dibujos, las traducciones, ser esa cara pública, yo no sé en qué punto es que uno empieza a inferir que ella tuviera descontento, yo siento que ella estaba muy contenta, muy cómoda con el papel que ella estaba desarrollando, ósea para la mujer de la época ella estaba haciendo las cosas bien, incluso haciendo más que la mujer que solo era acompañante porque ella le estaba ayudando al esposo (EQ1-Gd4-pg1).

P4: Sobre el fragmento donde pudimos acercarnos a la manera como Marie Anne se expresaba sobre su trabajo, vimos que ella habla por los dos [incluyendo a Lavoisier], es decir ella dije intentamos que la traducción fuera literal y nos llama la atención como Lavoisier solo habla de él, de sus experimentos. (EQ3-Gd4-pg2).

P4: Es cierto sobre lo que dice Sara si tiene un punto [nombre ficticio para el P.7] no sabemos si ella quería ser científica, pero si me genera la duda porque ella si conoce todo el trabajo porque no aparece Marie Anne la científica, porque ella siempre está en segundo plano, entonces al menos doy mi opinión que no me parece justo que ella no aparezca como autora de los trabajos, es que ella también apporto. (EQ3-GD4-pg1).

P5: La historia de la ciencia permite ver como muchas científicas tuvieron dificultades para lograr su reconocimiento en las comunidades académicas, esto imposibilitó un mayor avance en los conocimientos científicos, porque eso les imposibilitó obtener vínculos, inclusive financiación en sus estudios. Para mí, una situación de participación equitativa de hombres y mujeres en la ciencia ayudaría a que se construyan mayores conocimientos, porque no se darían distinciones y todos podrían aportar (EQ3-GD4-pg2).

P1: Es que nosotros si habíamos tratado controversias en otras ocasiones, pero abordar cómo la mujer incidió en ese momento, no es algo que hayamos tratado en profundidad, lo que me hizo pensar en las maneras en como maestra puedo llevar estas reflexiones al aula (E-pg2).



### Certificado del X congreso internacional sobre formación de profesores de Ciencias

**Certificado de participación en el VI congreso REDLAD**



**VI** Congreso de la Red Latinoamericana de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales -REDLAD-

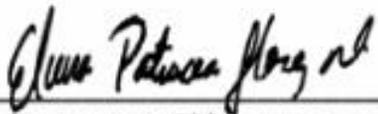
*“Hacia una didáctica de las ciencias desde diversos contextos latinoamericanos”*

**Certifica que**  
**Maria Daniela Arenas Álvarez**  
Con identificación 1038335495

Participó como **Ponente** del VI Congreso de la Red Latinoamericana de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales REDLAD, realizado en la Universidad de Córdoba, Montería, los días 6, 7 y 8 de septiembre de 2023.



  
Mario Roberto Quintanilla-Gatica  
Presidente de Redlad

  
Elvira Patricia Flórez Nisperuza  
Coordinadora general del Congreso



## Artículo en el X Congreso internacional sobre formación de profesores de ciencias



Tecné, Episteme y Didaxis: **TED**  
No. 55, Primer semestre de 2024  
ISSN: 2665-3184 (impreso); 2323-0126 (web)  
**Separata: Memorias**  
X Congreso Internacional sobre formación de Profesores de Ciencias

### **P07-103: Controversia flogisto vs oxígeno: alternativa de articulación entre formación científica y ciudadana**

María Daniela Arenas Álvarez mdaniela.arenas@udea.edu.co, Universidad de Antioquia.

Ángel Enrique Romero Chacón angel.romero@udea.edu.co, Universidad de Antioquia.

### Registro Fotográfico



