

**APORTES DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA
ESCOLAR**

NAYIBE MABEL PAREDES ARTURO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE EDUCACIÓN
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
SAN JUAN DE PASTO, COLOMBIA
2018**

**APORTES DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA
ESCOLAR**

NAYIBE MABEL PAREDES ARTURO

Tesis para optar al título de Doctora en Ciencias de la Educación

**Director:
ÁLVARO GARCÍA MARTÍNEZ, PhD**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE EDUCACIÓN
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
SAN JUAN DE PASTO, COLOMBIA
2018**

Nota de Responsabilidad

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación

Fecha de sustentación: 31 de agosto de 2018

Calificación: 5.0

Doctora Rosa Nidia Tuay Sigua

Firma del Presidente del Jurado

Doctora Liz Mayoli Muñoz Albarracín

Firma del Jurado

Doctor Mario Quintanilla Gatica

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, 31 de agosto de 2018

Agradecimientos

En el transcurso del camino emprendido en el desarrollo de esta investigación doctoral muchas personas contribuyeron de manera significativa en mi proceso de formación. Expreso mi gratitud a cada una de estas maravillosas personas quienes con sus decisivos aportes hicieron posible que esta meta se concretara.

En particular, agradezco al Director de esta investigación, el Dr. Álvaro García Martínez, por su apoyo incondicional, el tiempo dedicado a la asesoría de este trabajo y, en especial, por enseñarme el amor a la historia de la ciencia y la convicción de que en ella se encuentran muchas posibilidades pedagógicas para dinamizar la enseñanza de la ciencia en el aula.

Al Dr. Mario Quintanilla Gatica de quien aprendí la humildad y la sencillez de un gran investigador, le agradezco por brindarme la oportunidad de realizar la pasantía en la universidad Pontificia Católica de Chile y hacerme partícipe en diversos proyectos, seminarios y en la escuela de verano.

Extiendo mi agradecimiento a todos los profesores del programa de Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad de Nariño. A la Dra. Gabriela Hernández Vega, Directora del programa, por promover el desarrollo de la educación en la región. Al Dr. Jaime Álvaro Torres Mesías, Director del Grupo de Investigación para el Desarrollo de la Educación y la Pedagogía, por sus valiosas enseñanzas y pertinentes consejos. Al Dr. Roberto Ramírez Bravo, Decano de la Facultad de Educación, por su orientación en relación a la matriz de valoración. Así mismo, agradezco a Adriana Betancourt Bejarano, Asistente Académica, por su disposición y colaboración ilimitada.

El trabajo de campo de esta tesis doctoral fue realizado gracias a la cooperación de la Institución Educativa Municipal Libertad. Agradezco al Rector Paulo Emilio Díaz Montenegro, por abrirme las puertas de la institución que dirige. Al grupo de docentes de ciencias naturales quienes me dieron una oportunidad extraordinaria de aprender y conocer la dinámica durante la explicación de la ciencia en el aula. A mis queridos profesores Gladys Zambrano, Edith Pantoja, Olguer Basante, Federico Ruales y Juan David Benavides ¡muchas gracias por su calidad humana, su invaluable labor como docentes y por proporcionarme el enorme placer de hacer parte de su comunidad de desarrollo profesional docente! También agradezco a los estudiantes de esta institución por cada chispa de genialidad, sus caritas de sorpresa, sus aportes y alegría ¡Gracias por hacerme sentir que vale la pena preguntarse por nuevas formas de enseñar la ciencia en el aula!

Y, por supuesto, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia por sus oraciones y su apoyo absoluto.

Quiero finalizar evocando el epígrafe del libro *La historia química de una vela* de Michael Faraday (2004, obra original publicada en 1861). Todo lo que aprendí en mi formación doctoral es el deseo de ser capaz de continuar mi profesión comparando la docencia con la llama de una vela que ilumina el camino de la vida escolar y con el buen actuar en el cumplimiento de la misión más hermosa: la enseñanza de la ciencia en la búsqueda de la comprensión de la naturaleza.

*Dedicado a las mujeres que son el motor de vida:
mi madre, mis hermanas, mi pequeña hija, ¡mi mayor felicidad!
A mi sobrino, ¡mi ángel que guía mi camino!
Espero seguir contando con su apoyo,
para continuar logrado mis sueños.*

Resumen

Esta tesis se inscribe en el campo de la didáctica de las ciencias, específicamente, en la línea de investigación en historia de la ciencia y formación docente y tiene como propósito caracterizar los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión de una vela.

La investigación se ubica en el paradigma cualitativo de investigación desde un enfoque interpretativo, por medio de la consolidación de la Comunidad de Desarrollo Profesional Docente (CODEP) para la fundamentación, diseño e implementación de la explicación del fenómeno de la combustión, tomando como punto de partida el estudio del caso *La historia química de una vela* de Michael Faraday (2004) en la que se exponen los aspectos físicos y químicos de la combustión en un ciclo de seis conferencias denominadas *Christmas Lectures* en la Royal Institution.

Para el diseño metodológico se utiliza el estudio de caso con el fin de *a)* caracterizar las explicaciones que evidencian los profesores en ejercicio en el desarrollo de sus clases y *b)* analizar el diseño de actividades que generan los profesores de ciencias naturales en ejercicio (PCNE) al utilizar la historia de la ciencia y siguiendo la estrategia de formación docente señalada.

En la investigación se ha diseñado, analizado y rediseñado la explicación del fenómeno de la combustión de una vela con el fin de analizar las explicaciones y comprenderlas en el contexto del aula de clase. El análisis de este proceso se realizó mediante una matriz de evidencias que permite reconocer la presencia o ausencia de los elementos descritos tanto en el diseño como implementación de la explicación diseñada por los profesores.

A partir de la gestión didáctica que plantea el proyecto, se espera que incida en la manera de explicar los fenómenos en el área de ciencias naturales y educación ambiental y contribuya a generar posibles innovaciones en la explicación científica escolar.

De igual manera, se pretende generar un impacto en la formación del docente en ejercicio a través de la incorporación de la historia de la ciencia como una vía alternativa para la conceptualización de los conceptos científicos y el diseño de estrategias didácticas para la explicación científica escolar, lo que permite estructurar y abrir la posibilidad de acceder a herramientas más pertinentes para entender y explicar el mundo de fenómenos que los rodea. La investigación plantea el diseño e implementación de dichas herramientas de corte didáctico para el estudio del fenómeno de la combustión para contribuir a una eventual transformación en la explicación científica escolar a partir de la explicación fundamentada en la historia de la ciencia.

Los resultados evidencian que la explicación científica escolar fundamentada en el caso histórico es más compleja que la explicación inicial dada por los profesores. En este sentido, hay una evolución en la forma como los docentes piensan y realizan la explicación de la clase, haciendo más dinámico el proceso de la explicación científica escolar a partir de la articulación de la historia de la ciencia en el diseño de la explicación. Por otra parte, la estrategia de formación docente permite evidenciar las progresiones de aprendizaje de los docentes en las cuatro fases: elementos contextuales, estructuración, transferencia y reflexión metacognitiva.

En conclusión, consideramos que la historia de la ciencia aporta elementos significativos para el diseño e implementación de la explicación científica escolar, los cuales van desde la formulación de la pregunta de contenido hasta la forma de explicación de los conceptos y fenómenos en el aula de clase por parte del profesor. Es importante reconocer que la historia de la ciencia no solo contribuye al proceso de explicación de la ciencia sino que permite cuestionar y reflexionar sobre la imagen de la ciencia y la enseñanza de la ciencia.

Palabras clave: Historia de la ciencia, explicación científica escolar, fenómeno de la combustión.

Abstrac

The thesis is part of the field of science education, specifically in the line of research in the history of science and teacher training; It has the purpose of characterizing the contributions of the HC in the ECE of the phenomenon of the combustion of a candle.

The research is located in the qualitative research paradigm, from an interpretive approach, through the consolidation of the CODEP for the foundation, design and implementation of the explanation of the phenomenon of combustion, from the study of the historical case: chemical history of a candle (2004, original work published in 1861); a cycle of six lectures on the physical and chemical aspects of the combustion of a candle offered by Michael Faraday at the Christmas conferences at the Royal Institution.

For the methodological design, qualitative research is used, in order to characterize the explanations evidenced by teachers in practice in the development of the classes; also, analyze the design of activities generated by the PCNE when using the HC and following the sequence of teacher orientation indicated.

In the research the explanation of the phenomenon of the combustion of a candle has been designed, analyzed and redesigned from the methodological framework of the investigation based on the case study that allows to analyze the explanations and understand them in the context of the classroom, the analysis This process was carried out through a matrix of evidence that allows to recognize the presence or absence of the elements described both in the design and implementation of the explanatory sequence designed by the teachers.

Based on the didactic management proposed by the project, it is expected to influence the way of explaining the phenomena in the area of natural sciences and environmental education, and contribute to generate possible innovations in the scientific school explanation.

Similarly, it is intended to generate an impact on the training of teachers in practice, through the incorporation of the HC as an alternative way to conceptualize scientific concepts, and the design of teaching strategies for explanation in school science, what allows to structure and open the possibility of accessing more relevant tools to understand and explain the world of phenomena that surround them; the research proposes the design and implementation of said didactic tools for the study of the combustion phenomenon, which contribute to an eventual transformation in the ECE, based on the explanation based on HC.

The results show that the ECE based on the historical case is more complex than the initial explanation given by the teachers. In this sense, there is an evolution in the way teachers think and perform the explanation of the class, making the process of ECE more dynamic from the

articulation of the HC in the design of the explanation. On the other hand, the sequence of teaching orientation allows demonstrating the learning progressions of teachers in the four phases: contextual elements, structuring, transference and metacognitive reflection.

In conclusion, we consider that the HC provides significant elements for the design and implementation of the ECE in the classroom, which range from the formulation of the content question to the way to work the concepts in the classroom. It is important to recognize that HC, not only contributes to the process of explaining science but also allows us to question and reflect on the image of science and the role of teaching science in the classroom.

Keywords: History of Science, School Scientific Explanation, Phenomenon of Combustion.

Contenido

Introducción.....	17
1. Antecedentes y formulación del problema.....	22
1.1 Antecedentes.....	22
1.1.1 Historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias.....	22
1.1.2 Formación docente.....	23
1.1.3 Explicación científica escolar en la enseñanza de la ciencia.....	25
1.1.4 Explicación del fenómeno de la combustión.....	30
1.2 Formulación del problema.....	32
1.2.1 Pregunta de investigación.....	34
1.2.1 Objetivos de la investigación.....	34
1.2.2.1 Objetivo general.....	35
1.2.2.2 Objetivos específicos.....	35
1.2.3 Tesis.....	35
2. Marco teórico.....	46
2.1 Historia de la ciencia.....	46
2.1.1 Controversia y replica: dos elementos didácticos a partir de la reconstrucción de episodios históricos.....	40
2.2 Formación docente.....	40
2.3 Explicación científica.....	42
2.3.1 La explicación científica escolar como acto ilocucionario.....	44
2.3.2 Explicación científica escolar: un ejercicio de transposición didáctica.....	47
2.4 Dimensiones de análisis para la explicación científica escolar.....	49
2.4.1 Los criterios de la textualidad según Beaugrande y Dressler.....	50
2.4.2 La teoría de los actos de habla según Austin y Searle.....	54
2.4.3 La estrategia de formación docente.....	57
3. Metodología de la investigación.....	60
3.1 Diseño metodológico.....	61
3.1.1 Tipo de diseño de la investigación.....	62
3.1.2 El estudio de caso.....	62
3.1.3 Etapas de la investigación.....	63
3.1.4 Población y muestra.....	66
3.1.4.1 Unidad de análisis.....	66
3.1.4.2 Unidad de trabajo.....	67
3.1.4.3 Caracterización del grupo de casos.....	68
3.1.5 Comunidades de desarrollo profesional.....	68
3.1.6 Taller de formación docente.....	70
3.1.6.1 Diseño de los talleres de formación docente.....	71
3.1.7 Instrumentos.....	75

3.1.8	Procesamiento de datos y categorías de análisis.....	79
3.1.8.1	Procesamiento de datos.....	79
3.1.8.2	Sistematización de la información.....	81
3.1.8.3	Categorías de análisis.....	81
3.1.8.4	Criterios de rigor científico.....	90
4.	Análisis de resultados.....	94
4.1	Resultados provenientes de los datos de los instrumentos exploratorios.....	94
4.1.1	Instrumento exploratorio 1: Docentes.....	94
4.1.2	Instrumento exploratorio 2: Docentes.....	102
4.2	Eje 1: Caracterización de las explicaciones dadas por los docentes seleccionados en la unidad de trabajo.....	107
4.2.1	Instrumento exploratorio 3: Estudiantes.....	108
4.2.2	Observación de clase no participante.....	110
4.2.3	Perfil de la explicación científica escolar (Línea de base).....	121
4.3	Eje 2: Diseño de actividades de aula que generan los docentes haciendo uso de la historia de la ciencia.....	125
4.3.1	Taller de formación docente 1 Historia de la ciencia. Aportes para la enseñanza de la ciencia en el aula escolar.....	125
4.3.2	Taller de formación docente 2 Historia química de una vela.....	127
4.3.3	Taller de formación docente 6 Diseño de la explicación científica escolar.....	129
4.3.4	Taller de formación docente 7 Ensayo del diseño.....	138
4.4	Eje 3: Implementación de la explicación científica escolar (explicación 2).....	141
4.4.1	Perfil de la explicación científica escolar (explicación 2).....	142
4.4.2	Contrastación con el perfil de la explicación 1.....	143
4.4.3	Taller de formación docente 8 Reflexión metacognitiva.....	150
4.5	Resultados provenientes de los datos del estudio de caso múltiple.....	151
4.5.1	Perfil temático de reflexión del caso de Camila.....	151
4.5.2	Perfil temático de reflexión del caso de Oscar.....	158
4.5.3	Perfil temático de reflexión del caso de Victoria.....	163
5.	Discusión.....	168
5.1	Caracterización de la explicación científica escolar dada por los profesores de ciencias naturales en ejercicio.....	168
5.1.1	La formación en historia de la ciencia.....	171
5.2	Diseño de la explicación científica escolar.....	173
5.3	Aportes de la historia de la ciencia en la enseñanza científica escolar.....	175
	Conclusiones.....	179
	Limitaciones.....	189
	Proyecciones.....	190
	Referencias bibliográficas.....	192
	Anexos.....	215

Lista de Tablas

Tabla 1	Características de las investigaciones presentadas en los Handbook of research on teaching y en los International Handbook of Science Education.....	23
Tabla 2	Saberes del docente.....	41
Tabla 3	Modelos epistemológicos de la explicación.....	43
Tabla 4	Etapas del diseño metodológico.....	64
Tabla 5	Caracterización de los participantes en el desarrollo del cuestionario inicial.....	66
Tabla 6	Caracterización del grupo de casos.....	68
Tabla 7	Taller de formación docente 1.....	71
Tabla 8	Taller de formación docente 2.....	72
Tabla 9	Taller de formación docente 3.....	72
Tabla 10	Taller de formación docente 4.....	73
Tabla 11	Taller de formación docente 5.....	73
Tabla 12	Taller de formación docente 6.....	73
Tabla 13	Taller de formación docente 7.....	74
Tabla 14	Taller de formación docente 8.....	74
Tabla 15	Ámbitos de análisis e instrumentos propuestos para la investigación.....	75
Tabla 16	Ficha 1. Instrumento exploratorio explicación.....	76
Tabla 17	Ficha 2. Instrumento exploratorio historia de la ciencia.....	76
Tabla 18	Ficha 3. Instrumento exploratorio estudiantes.....	77
Tabla 19	Ficha 4. Observación de clase.....	77
Tabla 20	Ficha 5. Talleres de formación docente.....	78
Tabla 21	Ficha 6. Producciones escritas.....	78
Tabla 22	Ficha 7. Plan de clase.....	79
Tabla 23	Categorías teóricas.....	82
Tabla 24	Categorías teóricas de la investigación.....	83
Tabla 25	Organización y descripción de códigos docentes.....	99
Tabla 26	Ideas previas de los docentes en ejercicio con respecto a la historia de la ciencia.....	106
Tabla 27	Organización y descripción de códigos estudiantes.....	108
Tabla 28	Codificación de las piezas audiovisuales.....	110
Tabla 29	Proceso de análisis videos (Línea base).....	113
Tabla 30	Categorías representadas con imágenes.....	116
Tabla 31	Categorías emergentes en la práctica de la explicación científica escolar.....	119
Tabla 32	Descripción de los códigos emergentes.....	120
Tabla 33	Descripción de los códigos emergentes del taller en formación en historia de la ciencia.....	126
Tabla 34	Descripción de los códigos derivados del estudio del caso histórico.....	130
Tabla 35	Descripción de los códigos derivados del diseño de la explicación científica escolar.....	132
Tabla 36	Descripción de las etapas de la estrategia de formación docente en la fase de revisión de la explicación científica escolar.....	136
Tabla 37	Códigos presentes en el análisis del diseño de la explicación científica escolar.....	139
Tabla 38	Análisis de los datos obtenidos en el perfil de contrastación.....	143
Tabla 39	Códigos presentes en el análisis del taller de reflexión metacognitiva.....	150
Tabla 40	Actividades para la identificación de saberes previos.....	155
Tabla 41	Perfil de contrastación de la explicación en el caso de Camila.....	157
Tabla 42	Perfil de contrastación de la explicación en el caso de Oscar.....	161
Tabla 43	Perfil de contrastación de la explicación en el caso de Victoria.....	166

Lista de Figuras

Figura 1	Ciclo teórico empírico para la explicación científica escolar articulando la historia de la ciencia.....	39
Figura 2	Las dimensiones del proceso cognitivo según Arcà, Guidoni y Mazzoli, (1990).....	45
Figura 3	La explicación científica escolar desde las dimensiones de Arcà, Guidoni y Mazzoli, (1990).....	46
Figura 4	Transposición didáctica de la explicación científica escolar.....	49
Figura 5	Estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar, basada en el diseño propuesto por Marzábal (2011).....	57
Figura 6	Diseño de la estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar.....	58
Figura 7	Fases del proceso cualitativo de investigación.....	60
Figura 8	Esquema del procedimiento metodológico de la investigación.....	65
Figura 9	Proceso de selección del grupo de casos.....	67
Figura 10	Fases de la CODEP y talleres de formación docente.....	69
Figura 11	Etapas de la estrategia de formación docente.....	71
Figura 12	Procesamiento de la información.....	80
Figura 13	Ejemplo de cuadro categorial.....	81
Figura 14	Secuencia instruccional.....	87
Figura 15	Estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar.....	88
Figura 16	Secuencia de orientación del estudiante para el diseño de la explicación científica escolar...	89
Figura 17	Secuencia de orientación del estudiante para el diseño de la explicación científica escolar. Versión final.....	90
Figura 18	Representación gráfica del proceso de triangulación de datos.....	92
Figura 19	Representación gráfica del proceso de saturación de datos.....	93
Figura 20	Red semántica correspondiente al momento 1 del primer instrumento exploratorio.....	95
Figura 21	Red semántica correspondiente al momento 2 del primer instrumento exploratorio.....	97
Figura 22	Explicación del fenómeno de la combustión de una vela.....	99
Figura 23	Red semántica correspondiente al momento 2 del primer instrumento exploratorio.....	102
Figura 24	Formación de los docentes en historia de la ciencia.....	102
Figura 25	Capacitación de los docentes en historia de las ciencias.....	103
Figura 26	Formación de los docentes en didáctica de ciencia.....	104

Figura 27	Capacitación de los docentes en didáctica de ciencia.....	104
Figura 28	Red semántica correspondiente al momento 2 del segundo instrumento exploratorio.....	104
Figura 29	Red semántica correspondiente al momento 1 del tercer instrumento exploratorio.....	108
Figura 30	Red semántica correspondiente al primer momento de observación de clase no participante	112
Figura 31	Perfil de la explicación científica escolar. Momento 1.....	122
Figura 32	Red semántica correspondiente al taller de formación docente en historia de la ciencia.....	126
Figura 33	Red semántica correspondiente al taller de formación docente 2: Lectura del caso histórico	128
Figura 34	Red semántica correspondiente a la selección de los hechos relevantes del caso histórico.....	129
Figura 35	Red semántica correspondiente al taller diseño de la explicación científica escolar del taller de formación docente 6. Selección de los hechos relevantes.....	131
Figura 36	Red semántica correspondiente al diseño de la explicación científica escolar.....	132
Figura 37	Red semántica correspondiente a la revisión del diseño de la explicación científica escolar	135
Figura 38	Red semántica correspondiente al diseño de la explicación científica escolar.....	139
Figura 39	Perfil de la explicación científica escolar. Momento 2.....	142
Figura 40	Perfil de contrastación de la explicación científica escolar.....	143
Figura 41	Red semántica correspondiente al taller sobre reflexión del proceso de investigación.....	150

Lista de Anexos

Anexo 1	Carta de consentimiento informado.....	215
Anexo 2	Acta de consentimiento informado docentes.....	217
Anexo 3	Percepción de la Historia de la Ciencia en la explicación científica escolar.....	218
Anexo 4	Instrumento exploratorio docentes.....	221
Anexo 5	Instrumento exploratorio estudiantes.....	222
Anexo 6	Taller de formación docente. Historia de la ciencia.....	223
Anexo 7	Taller de formación docente. Historia química de una vela.....	234
Anexo 8	Taller de formación docente. Faraday: un hombre de ciencia.....	241
Anexo 9	Taller de formación docente. Explicación científica escolar como acto ilocucionario...	244
Anexo 10	Taller de formación docente. Selección de hechos	246

Anexo 11	relevantes.....			
Anexo 11	Estrategia	de	formación	
	docente.....			254
Anexo 12	Diseño	de	la	
	explicación.....			255
Anexo 13	Taller de formación docente. Diseño de la explicación científica escolar.			
	Ensayo.....			276

Abreviaturas

CODEP	Comunidad de desarrollo profesional docente
ICFES	Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación
PCNE	Profesores de ciencia naturales en ejercicio

Introducción

La explicación es una de las operaciones cognitivas más importantes de los seres humanos y, por ende, es uno de los objetivos principales en la enseñanza de las ciencias experimentales. La construcción de las explicaciones en el aula escolar es el pilar fundamental para el proceso de enseñanza de la ciencia por cuanto implica la explicación de los fenómenos de la naturaleza. En esa medida, la explicación científica escolar es una actividad de aprendizaje que favorece la comprensión de los conceptos, principios, teorías y leyes para entender la dinámica del mundo natural a través del desarrollo de la capacidad explicativa como una forma de pensar, leer y escribir la ciencia en el aula. Por tanto, mejorar la calidad de las explicaciones es una de las tareas principales en la enseñanza de la ciencia (Concari, 2001; Eder, 2005; Eder y Adúriz-Bravo, 2008; Hempel, 1979; Izquierdo-Aymerich y Sanmartí, 2000; Leinhardt, 1988; Quintanilla, 2006; Sanmartí, 2007; Thagard & Litt, 2006).

En este sentido, una de las tareas principales del profesor es la explicación de los fenómenos naturales que se estudian en las clases de ciencias. Sin embargo, en el modelo tradicional de enseñanza de las ciencias, esta explicación tiene un carácter declarativo y demostrativo propio del discurso de los PCNE. En ese contexto, la explicación de las ciencias no posibilita el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, entendidas como la capacidad para comprender y explicar el mundo en el que se vive (Camacho-González, 2010; Camacho-González y Quintanilla, 2008; Gallego, Pérez, Gallego, y Nery (2004a); Gallego, Pérez, Uribe, Cuéllar y Amador (2004b); García-Martínez, 2009; Quintanilla, 2003; 2005). Por tanto, las concepciones sobre la explicación que tenga el docente y su modelo explicativo son cruciales en la práctica de aula y son determinantes en la construcción de las explicaciones de los estudiantes (Keeley, 2015; Geelan, 2013; Leite, Mendoza & Borsese, 2007; Zangori & Forbes, 2014).

En la revisión bibliografía sobre las investigaciones realizadas en torno al uso de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar se evidenció que es necesario el estudio y comprensión de las explicaciones como un medio para reconocer el lenguaje de la ciencia que las legitima y valida (Borsese, 1997; Galagovsky, Bonán y Adúriz-Bravo, 1998; Llorens, De Jaime & Llopis, 1989; Fleury, 2006; Sutton, 2003). Además de profundizar en la explicación como un recurso para construir significados y relaciones entre los conceptos e ideas científicas, la explicación, como acto lingüístico, posibilita la construcción de esquemas conceptuales cada vez más complejos para comprender los fenómenos naturales, al incentivar el lenguaje y el uso del vocabulario científico a través del desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas (Saza et al., 2012).

En consecuencia, en la tesis el concepto de explicación se sustenta desde el racionalismo crítico derivado de la nueva filosofía de la ciencia. Por tanto, la explicación tiene un carácter

pragmático-ilocutivo (Eder y Adúriz-Bravo, 2008) y es un acto ilocucionario en el que se pueden distinguir el acto de explicación y su producto. Esto destaca tres momentos importantes en la explicación científica: *a)* qué es el acto de explicar, *b)* qué es el producto de una explicación y *c)* cómo deben evaluarse los productos de una explicación (Achinstein, 1989). Para Adúriz-Bravo (2001) el modelo de explicación ilocutivo es el más adecuado para la explicación de la ciencia en el aula por cuanto implica un proceso dinámico de comunicación a partir del cual se pone en acción el lenguaje en el aula.

La investigación brinda posibilidades didácticas para diseñar el proceso de la explicación en el contexto escolar a partir del estudio de un hecho histórico significativo para la historia de la ciencia: *La historia química de una vela* (Faraday, 2004).

El objetivo de la tesis es caracterizar las explicaciones dadas por los PCNE en el aula de la clase en dos momentos: *a)* las explicaciones realizadas por los docentes sin hacer uso de la historia de la ciencia y *b)* la explicación científica escolar después de realizar una etapa de formación en historia de la ciencia, en general y específicamente, en el caso histórico y el diseño de la explicación articulando elementos de la historia de la ciencia a su planeación. En concreto, se establece una comparación entre el perfil 1 y el perfil 2 derivados del proceso de caracterización de la explicación. Además, esta investigación analiza los aportes que puede generar la historia de la ciencia en la explicación científica escolar.

La investigación se enmarca en el paradigma cualitativo desde el que se estudia a profundidad la riqueza y la complejidad de las explicaciones dadas por los PCNE en el contexto escolar, al realizar un abordaje holístico, integral y complejo del sujeto a través de sus explicaciones. Así, el estudio se fundamenta en una perspectiva interpretativa de los acontecimientos educativos centrada en la comprensión de los significados. En este paradigma, las perspectivas de los sujetos estudiados tienen valor desde sus propios marcos de referencia (Imbernón et al., 2007; Pérez, 2004; Sandín, 2003).

El enfoque interpretativo del estudio no se limita a la descripción del proceso sino que pretende llegar a la comprensión del fenómeno en su ambiente natural, específicamente, a la explicación en el aula dada por los PCNE. Por lo tanto, la relación de la historia de la ciencia y la explicación científica escolar se aprecian a través del estudio del fenómeno de la combustión de una vela y se pretende comprender el aporte de la historia de la ciencia en la explicación en el aula de clase centrándose en las explicaciones que dan los PCNE al fenómeno de la combustión a partir del estudio del caso.

El tipo de investigación es descriptiva dado que su objetivo central es la caracterización de la explicación científica escolar dada por los PCNE con el fin de analizar las explicaciones y comprenderlas en el contexto del aula de clase.

Así, la investigación tiene un carácter longitudinal puesto que, a través de la observación repetida y sistemática en un período de tiempo del docente, se pueden describir y analizar los cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales generados a partir de la introducción de programas orientados hacia su actuación. Este carácter longitudinal de la investigación permite observar cómo las circunstancias, en este caso, las explicaciones, presentan eventuales transformaciones con el paso del tiempo Rabadán y Flor (1998); Gómez y Roquet (2012).

De igual forma, en la investigación se utiliza el estudio de caso para el análisis de la explicación científica escolar dada por los PCNE de manera sistemática y exhaustiva (Martínez y Musitu, 1995; Martínez, 2006; Sandín, 2003). La selección del grupo de casos del estudio es intencionada (Flick, 2012; Jara, 2012; Patton, 1990) y se utiliza el muestreo teórico Glaser & Strauss (1967) para establecer la unidad de trabajo de la investigación.

Con el grupo de casos se conforma la CODEP para la etapa de formación y diseño de actividades de aula haciendo uso de la historia de la ciencia al realizar la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión de una vela a partir del estudio del caso histórico. El interés se centra en el análisis, la reflexión y el trabajo en equipo en torno al caso histórico realizado por Faraday (2004) el cual se constituye en un soporte teórico para la explicación de este fenómeno (Grossman, Wineburg & Woolworth, 2001).

El trabajo realizado en la CODEP con los PCNE permite meditar sobre la práctica docente, reconocer la importancia del trabajo en equipo e identificar los aportes de la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias a partir de la reflexión metacognitiva (García-Martínez, 2009), con el propósito de profundizar sobre su práctica y transformar el proceso de explicación científica escolar en beneficio de los estudiantes (Avalos, 2011).

Para el diseño de la explicación por parte de los PCNE se trazó una estrategia de formación docente, articulando: *a*) los fundamentos del ciclo teórico de aprendizaje (Marchán-Carvajal y Sanmartí, 2015; Marzábal, 2011; Izquierdo-Aymerich y Sanmartí, 2000; Jorba y Sanmartí, 1996); *b*) la explicación científica como par ordenado (Achinstein, 1989); *c*) las normas de la textualidad (Beaugrande y Dressler, 1997) y *d*) la teoría de los actos del habla (Austin, 1971; Searle, 1990).

En la determinación de las categorías se realiza una mediación entre la conceptualización de las categorías del análisis del discurso y las categorías derivadas de la explicación como acto ilocucionario. En este sentido, las normas de la textualidad se asimilan con categorías para el análisis de la explicación científica escolar. Para el análisis de la información, en la matriz de observación de las explicaciones, se derivan cuatro categorías con sus correspondientes descriptores y se determina la presencia o ausencia de los factores asociados.

El presente documento, se estructura en seis capítulos que constituyen el informe final del proceso de investigación. En el capítulo 1 se realiza la revisión de la literatura con la cual se establecen los antecedentes del estudio orientados por dos ejes: historia de la ciencia y explicación científica escolar. A partir de esta revisión, se determinan los vacíos teóricos de los que se deriva la formulación del problema de investigación. En el capítulo 2 el lector encontrará las bases teóricas que sustentan los ejes conceptuales del estudio. En el capítulo 3 se hace una descripción detallada del enfoque metodológico, los instrumentos de recolección de la información y el procesamiento de los datos. En el capítulo 4 se presentan y analizan los resultados a partir de tres aspectos: *a)* caracterización de las explicaciones dadas por los docentes que conforman la CODEP; *b)* estudio del diseño de la explicación científica escolar haciendo uso de la historia de la ciencia e *c)* implementación del diseño. En el capítulo 5 se efectúa la discusión crítica de los resultados de la investigación y, finalmente, el capítulo 6 expone las conclusiones más relevantes del estudio, determinando las limitaciones y las proyecciones de la investigación.

1. Antecedentes y Formulación del Problema

1.1 Antecedentes

En este capítulo se presenta una síntesis de las diferentes investigaciones revisadas y relacionadas con el proceso investigativo que permiten identificar el estado actual del conocimiento respecto al uso de la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias y en la explicación científica escolar, de forma que se pueda reconocer el camino recorrido, así como los vacíos teóricos, conceptuales y metodológicos que dan soporte a la investigación y que posibilitan la comprensión de la situación problema.

1.1.1 Historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias.

En las investigaciones revisadas en el campo de la historia de la ciencia se pueden encontrar tres tendencias generales: *a)* las que destacan la importancia de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia en el aula, *b)* los estudios que realizan la construcción histórica de un concepto y tienen en cuenta el contexto histórico en el que evolucionan y *c)* las investigaciones en las que la historia de la ciencia se considera un factor fundamental en la formación docente.

De acuerdo a la primera tendencia se encuentran estudios realizados por varios autores (Camacho-González y Gallego, 2005; Camacho-González y Quintanilla, 2008; Gagliardi, 1988; Gallego y Gallego, 2007; Guridi y Arriasecq, 2004; Izquierdo-Aymerich, 1996; Lombardi, 2000; Matthews, 1994; Mora, García, y Mosquera, 2002; Solbes y Traver, 1996; Solbes y Traver, 2001) quienes reconocen que la vinculación de la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias permite ser críticos respecto a su imagen, favorece la selección de los contenidos temáticos en función de sus conceptos estructurantes, posibilita entender los problemas significativos de historia de la ciencia, entender los obstáculos y las controversias sociocientíficas en el desarrollo del conocimiento científico y evidenciar el carácter hipotético de la ciencia y comprenderla como una construcción humana.

En la segunda tendencia, es relevante enunciar los trabajos de Quílez-Pardo y Sanjosé (1996) y de Quílez-Pardo y Solaz-Portolés (1995) quienes efectuaron la reconstrucción histórica y la formulación didáctica del principio de Le Chatelier:

En el estudio del equilibrio químico, el principio de Le Chatelier ha jugado un papel preponderante. En 1884, un químico francés, H.L. Le Chatelier, proporcionó para el principio que lleva su nombre la siguiente formulación (1884):

Todo sistema en equilibrio químico estable sometido a la influencia de una causa exterior que tiende a hacer variar su temperatura o su condensación (presión, concentración, número de moléculas por unidad de volumen) en su totalidad o solamente en alguna de sus partes sólo puede experimentar unas modificaciones interiores que, de producirse solas, llevarían a un cambio de temperatura o de condensación de signo contrario al que resulta de la causa exterior. (Quílez-Pardo y Solaz-Portolés, 1995, p. 123-124)

En esta tendencia, también son importantes los estudios de Azcona (1997) sobre el concepto de cantidad de sustancia y mol; Gallego et al. (2004b) estudiosos de los trabajos históricos de Amadeo Avogadro y la teoría atómica del siglo XIX; Gallego et al. (2004a) investigadores del contexto histórico y epistemológico del concepto de valencia; Mora y Parga (2005) quienes centran sus esfuerzos investigativos en las preconcepciones con respecto al concepto mol y cantidad de sustancia; Padilla y Furio-Mas (2008) dedicados al estudio del contexto histórico y sociológico del equivalente químico, mole y magnitud de sustancia; Uribe y Cuéllar (2003) y Cuéllar, Gallego y Pérez (2008) investigadores del contexto histórico-epistemológico del modelo atómico de Cuéllar et al. (2008) diseñadores de la construcción histórico-epistemológica del modelo del octeto para el enlace químico; Vergara (2006) y Cabrera (2012) quienes indagan acerca de la construcción histórica de la noción de combustión; Furió, Solbes y Furió (2007) presentan la historia del primer principio de la termodinámica; García y Bertomeu (1998) realizan sugerencias didácticas sobre la enseñanza de la terminología química mediante la evolución histórica de este concepto lo cual permite evidenciar los aportes de las diferentes épocas, culturas y lenguas; Zuluaga (2012) y sus planteamientos relacionados con la construcción del concepto de átomo; Zúñiga (2008) y la noción histórica de cambio químico, Furió y Domínguez (2007); De Santa, Cárdenas y Martínez (s. f.) quienes formulan el desarrollo histórico de cantidad de sustancia y el equivalente químico, Raviolo, Garritz y Sosa (2011) investigadores que conceptualizaron sustancia, reacción química y compuesto; De Manuel, Jiménez y Salinas (1999) establecieron la evolución histórica de los conceptos relacionados con los ácidos y las bases a nivel teórico y molecular; Tobares (2003) estudioso de la evolución histórica de la estructura molecular del benceno y Scerri (2008) quien revisó la historia de la construcción de la tabla periódica.

A partir de estos estudios es posible evidenciar que la historia de la ciencia enriquece la enseñanza de las ciencias porque permite, entre otras cosas, esclarecer el origen y evolución del conocimiento científico, analizar los obstáculos epistemológicos en el desarrollo de los conceptos, hacer una comprensión de la naturaleza de la ciencia y posibilitar la generación de un modelo de ciencia.

En cuanto a la tercera tendencia, se pueden enunciar los trabajos planteados por Adúriz-Bravo (2002); Adúriz-Bravo, Izquierdo-Aymerich y Estany (2002); Camacho-González (2010); Cuéllar (2010) y García-Martínez (2009) quienes brindan orientaciones y directrices para la articulación

de la historia de la ciencia en la formación docente. Además, se define la historia de la ciencia como una disciplina académica de carácter metateórico (Adúriz-Bravo, 2001) que posibilita la generación de debates y discursos académicos en el aula de clase a partir de la formulación de preguntas que lleven a pensar la ciencia como un elemento socializador de saberes y de convivencia humana para lograr una comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus métodos e instrumentos. En este sentido la historia de la ciencia invita a los docentes a formular nuevas estrategias para la enseñanza de la ciencia en el contexto escolar, tal como lo destacan en sus investigaciones Izquierdo-Aymerich (1996); Izquierdo-Aymerich et al. (2006); Matthews (1994); Seker & Welsh (2006); Solbes y Traver (1996) y Teixeira, Greca & Freire (2012).

En términos generales, los estudios revisados evidencian la importancia de la historia de la ciencia en el contexto de la enseñanza de las ciencias, constituyéndose en un recurso esencial para el diseño de estrategias didácticas que dinamizan el proceso de enseñanza aprendizaje de la ciencia en el aula escolar. Por tanto, se hace necesario continuar fortaleciendo la diada historia de la ciencia -EC como una forma de ofrecer opciones pedagógicas y didácticas a los profesores para el ejercicio de su profesión en el aula de clase.

1.1.2 Formación docente.

En el campo de la formación del docente en ejercicio se han desarrollado trabajos de investigación orientados hacia tres ejes fundamentales: *a)* el estudio de las creencias y concepciones de los profesores; *b)* la organización y secuenciación de contenidos y *c)* la formación docente, lo que ha permitido consolidar una línea fuerte de investigación en torno a esta formación (Cuéllar, 2010).

En la descripción que realiza García-Martínez (2009) se hace una reseña de la evolución que ha tenido la investigación en los *Handbook of research on teaching* y en los *International Handbook of Science Education*. En la Tabla 1 se presenta una comparación de las características de estas investigaciones.

Tabla 1 *Características de las investigaciones presentadas en los Handbook of research on teaching y en los International Handbook of Science Education*

Handbook					
Autor	Año	Particularidad	Capítulo	Características	
Gage	1963	No existe ningún capítulo dedicado a la formación docente.	Getzels y Jackson	Centran el trabajo del profesor en su personalidad.	
		La investigación se orienta desde el positivismo lógico.	Medley y Mitzel	Inician la investigación proceso-producto.	
Traver	1973	Se continúa con la investigación desde el positivismo lógico. Se acentúa la investigación a través de la observación en el aula. Se evidencia una transición de las	Peck y Tucker	Se plantea la formación de profesores mediante técnicas de modificación de comportamiento.	

		investigaciones desde el conocimiento hacia la experiencia. Existe una distinción entre asumir la educación de los profesores y la de los estudiantes.		
Wittrock	1986	Existe un interés investigativo en la exploración de la mente del profesor. Se aplican métodos cualitativos y exploratorios en la investigación.	Freiman-Nemser y Floden Erikson Lanier y Little	Plantean una investigación sobre las creencias de los docentes y su influencia en la acción docente. Aplica los métodos cualitativos de investigación. Consideran que la formación del docente es algo vulnerable y deficiente. Plantean la necesidad de los programas de formación docente.
Houston	1990	Se organiza el conocimiento profesional docente en categorías. Reconoce la importancia de la formación docente.	Carter Yager y Penick	Establece las categorías: contenidos pedagógicos; conocimientos prácticos y procesamiento de información; expertos y novatos. Describen al profesor de ciencias como un aprendiz continuo.
Gabel	1994	Reconoce la importancia de la formación del docente en la enseñanza.		
Tobin	1998	Considera la formación del docente como una línea de investigación prioritaria. Se dedica toda una sección a la formación del docente.	Munby y Russell	Reconocen la importancia del desarrollo profesional del docente en ciencias, la práctica del profesor, la fundamentación epistemología y el contexto para la enseñanza de las ciencias.

Fuente: García-Martínez (2009).

Mellado (1998) estudió las concepciones de la naturaleza de la ciencia, el aprendizaje y enseñanza de las ciencias en futuros profesores y encontró que se transfiere el modelo de formación que recibe el docente. Por su parte, Zimmerman (2004) al indagar las conceptualizaciones de los estudiantes para profesores de educación inicial y la relación con el enfoque constructivista del programa de estudio de la universidad, concluye que los cambios no son significativos y que los procesos de aprendizaje se han centrado en los aspectos normativos y prescriptivos de la intervención docente.

Para Thomaz, Cruz, Martins y Cachapuz (1996) la formación docente recibida en las instituciones no influye significativamente sobre las ideas de la naturaleza de la ciencia, sin embargo, las concepciones de los docentes acerca de la naturaleza del conocimiento científico influyen en la imagen de la ciencia. Estas concepciones y creencias se arraigan fuertemente y, por tanto, son difíciles de cambiar (Mellado, 2001; Manassero y Vázquez, 2000).

En este sentido, la formación de los profesores debe centrarse en una base para la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas a través de un modelo fundamentado en la

corriente socioconstructivista y el papel de la metacognición y la autorregulación (Copello-Levy y Sanmartí, 2001).

Así mismo, Mellado (1998) reconoce que la formación del profesorado de ciencias experimentales es un proceso continuo e inacabado. En consecuencia, el reto de la formación docente es permitirle al profesor adquirir los criterios del pensamiento creativo y crítico de las herramientas que le permitan continuar su formación durante toda la vida. De ahí que la investigación sobre la formación docente es un campo prioritario de estudio, no solo en la formación inicial de los docentes sino en la formación del docente en ejercicio.

1.1.3 Explicación científica escolar en la enseñanza de la ciencia.

La explicación es una actividad de aprendizaje fundamental en la enseñanza de las ciencias (Concari, 2001; Eder, 2005; Eder y Adúriz-Bravo, 2008; Edgington, 1997; Geelan, 2013; Izquierdo-Aymerich y Sanmartí 2000; Quintanilla, 2006) es el corazón del proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia en el aula escolar (Leinhardt, 1988) y el centro de la labor diaria y del discurso de los PCNE al explicar el mundo natural. Por tanto, se han realizado diferentes investigaciones que buscan entender el proceso de la explicación y mejorar la práctica explicativa tanto de los estudiantes como de los profesores de ciencias naturales. No obstante, se reportan en menor número las investigaciones relacionadas con el modelo explicativo de los docentes tanto en formación inicial como en ejercicio (Geelan, 2013; Cabello, 2013).

Estudios, como los de Candela (1993); Candela (1991); Jiménez-Aleixandre y Díaz (2003) y Rey-Herrera relacionan la explicación en el aula con la construcción discursiva de los niños, encontrando que existen dificultades en la explicación de conceptos científicos. Al respecto, Borsese (1997); Galagovsky et al. (1998); Llorens, De Jaime & Llopis (1989); Fleury (2006) y Sutton (2003) consideran que es necesario estudiar y comprender el lenguaje de la ciencia, no solo porque es un medio de comunicación sino porque permite validar o legitimar las explicaciones. Más aún, las explicaciones en la educación científica son un tipo de discurso en el cual se relaciona el conocimiento cotidiano y la cultura con el conocimiento y lenguaje científico, es decir, hay un interaccionismo socio-discursivo que se fundamenta en la comprensión de la ciencia a través del lenguaje (Aguar, 2016).

Similar a este grupo de investigaciones, se encuentran los estudios de Caamaño (2010); Candela (1999); Henao y Stipcich (2008); Jiménez-Aleixandre y Díaz (2003); Revel et al. (2005) y de Sardà y Sanmarti (2000) quienes relacionan la explicación con la argumentación. Sin embargo, Osborne & Patterson (2011) afirman que:

Las explicaciones y la construcción de explicaciones son esenciales para la creación de nuevos conocimientos. El valor pedagógico de la argumentación, sin embargo, reside en su valor para explorar la justificación de las creencias y promover una dialéctica entre la construcción y la crítica. (p. 25, traducción propia)

En esa medida, el propósito de la explicación no es establecer proposiciones para convencer o persuadir, es buscar la comprensión de los nuevos conceptos científicos.

Por otro lado, Reiser, Berland & Kenyon (2012) sostienen que la explicación y la argumentación dependen una de otra, pues para que un estudiante construya una explicación, debe participar en la argumentación. Empero, en clase tanto la argumentación como la explicación deben enseñarse de manera individual y, posteriormente, explorar su relación a través de diferentes ejemplos. De manera análoga, McCain (2015) sostiene que entender adecuadamente el proceso de explicar la ciencia, implica entender la relación existente entre la explicación, la comprensión y el conocimiento, por lo tanto, la argumentación científica y la explicación son prácticas esenciales en la enseñanza de la ciencia Berland & McNeill (2012).

Sin embargo, Mestad & Kolsto (2017) afirman que las explicaciones dadas por los estudiantes son intentos tentativos para construir su comprensión sobre la base de la descripción y las interacciones de los objetos estudiados, es decir, que los estudiantes sólo proporcionan explicaciones superficiales de los diferentes términos científicos. Para Roelle, Berthold & Renkl (2014) este fenómeno se puede derivar de la pasividad mental de los estudiantes durante el procesamiento de las explicaciones y la falta de oportunidad para revisar posibles equivocaciones después de trabajar las mismas. Así, las efectividades de las explicaciones sobre los resultados del aprendizaje son mínimos (Gimenez, 2016).

Más aún, Wittwer & Renkl (2008) sostienen que, aunque las explicaciones son un medio común de instrucción, no contribuyen al aprendizaje por cuanto los profesores no tienen en cuenta la comprensión de los estudiantes al diseñar las explicaciones. Al respecto, Wittwer, Nückles, Landmann & Renkl (2010) encuentran que la individualización de las explicaciones contribuye de manera significativa a su comprensión, hecho que se evidencia en la reducción tanto del número de preguntas realizadas por los estudiantes como en el de las creencias falsas sobre los conceptos aprendidos. Por su parte, Concari (2001) sostiene que para mejorar la comprensión de la explicación científica escolar por parte de los estudiantes se deben adoptar modelos para la enseñanza y la explicación en la ciencia. Así mismo, Amador, Gallego y Pérez (2005); Castro (1992); Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001); Galagovsky, Rodríguez, Sanmartí y Morales (2003); Justi & Gilbert (2000) y Perales y Jiménez (2002) consideran que el uso de modelos en la explicación en la ciencia puede mejorar significativamente su comprensión. Sánchez, García-Rodicio & Acuña (2009) también afirman que las explicaciones efectivas son aquellas que permiten la contrastación de los modelos de representación de los estudiantes, de ahí que recomienden que las

explicaciones sean personalizadas, se combinen con el uso de diferentes recursos para el aprendizaje y se apliquen pruebas de transferencia de los conocimientos.

Con respecto al uso de recursos para la explicación científica escolar, Yang & Wang (2014) proponen un modelo de enseñanza que integre una actividad descriptiva explicativa fundamentada en la elaboración de mapas y una actividad de escritura de la explicación basada en la interpretación. Así mismo, Valanides, Efthymiou & Angeli (2013) demostraron claramente que el uso de dibujos en las explicaciones textuales desencadenó el pensamiento de los estudiantes, ya que estos reestructuran progresivamente sus representaciones internas. Por lo tanto, el uso de elementos visuales tiene implicaciones en la explicación. Aún más, posibilitar el uso de esquemas de representación y su familiarización en la explicación de los fenómenos, favorece las condiciones de función, forma y nivel en las explicaciones dadas (Yeo & Gilbert, 2014), además de apoyar el proceso de construcción de la explicación y mejorar tanto en la explicación como en la comprensión del concepto científico (Akaygun & Jones, 2013; Oliveira, Justi & Mendonça, 2015; Parnafes, 2012; Yeo & Gilbert, 2014).

Por su parte, Frändberg, Lincoln & Wallin (2013) consideran que el uso de una amplia variedad de recursos léxico-gramaticales permite una mayor distinción entre las explicaciones a nivel macroscópico y submicroscópico. Razón por la cual un enfoque simplemente conceptual no es suficiente para fomentar la capacidad de los estudiantes para construir explicaciones (Seah, 2016), es necesario el uso de recursos y actividades que generan expectativas para los estudiantes, manteniendo el estado atencional ideal, el entusiasmo e interés en la clase (Cushman, 2013).

Con respecto a las explicaciones dadas por los docentes de ciencias naturales, Geelan (2013) establece una tipología de las explicaciones de los docentes de física, identificando como características claves de las explicaciones la capacidad de los maestros para el uso de analogías, las narraciones de hechos relacionados con la historia de la ciencia y la utilización de recursos tecnológicos. El presente estudio reconoce la importancia de la vinculación que hace Geelan del tipo de explicaciones con las capacidades y habilidades propias del profesor, el contexto y las particularidades de los estudiantes. Este autor también afirma que los temas seleccionados pueden determinar estilos explicativos diferentes. Cabe señalar que las explicaciones de los docentes se caracterizan inicialmente por una descripción verbal que la mayoría de profesores formaliza rápidamente con la utilización de una ecuación, símbolos o cálculos que no contribuyen al aprendizaje significativo de la ciencia en el aula. Al respecto, Karam & Krey (2015) sugieren que es necesario formar a los docentes de física con miras a superar el hecho de que las ecuaciones sean consideradas como simples herramientas de cálculo para resolver problemas y reevaluar su poder explicativo en la ciencia. Es así como estos autores consideran que las ecuaciones son fundamentales en la formulación de teorías y en la explicación de los fenómenos físicos.

Por otro lado, Richmond, Parker & Kaldaras (2016) consideran que en la explicación docente se combinan ideas básicas de la disciplina, conceptos transversales y prácticas científicas, más allá de la mera descripción de esquemas de explicación. Empero, para Woody (2013) los profesores de ciencias deben ser conscientes de los componentes normativos y prescriptivos del discurso explicativo tanto en el aula como en la ciencia en general. En esa medida, los discursos explicativos dan cuenta de la práctica epistémica de la ciencia (Braaten & Windschitl, 2011).

En este sentido, la formación disciplinar del docente influye en la orientación de la explicación. Por ejemplo, las explicaciones de los profesores de matemáticas y matemáticos difieren principalmente en su proceso de orientación. Las explicaciones de los matemáticos se orientaron hacia los procesos, mientras que las del profesor de matemáticas hacia los productos. Al parecer, el conocimiento del contenido del área ayudó a generar explicaciones orientadas hacia el proceso, permitiendo en los estudiantes la construcción de un valioso andamiaje para la comprensión de los procedimientos matemáticos (Lachner & Nückles, 2015). Un aspecto que Tang (2016) considera fundamental en la construcción de las explicaciones científicas, al señalar que la promulgación de estrategias de razonamiento de las secuencias lógicas soporta la explicación, proporcionando una estructura organizativa útil para escribir explicaciones científicas.

Por otra parte, Vlach & Noll (2016) y Zangori & Forbes (2013) afirman que los docentes de primaria modifican la forma en que hablan a los niños para dar explicaciones de ciencia frente al lenguaje que utilizan con adultos. Además, señalan que los maestros de primaria a menudo deben adaptar los recursos para la explicación de la ciencia a los niños. En este sentido, las explicaciones se adaptan al grado de los estudiantes.

Un aspecto importante señalado en las investigaciones es la necesidad de enseñar a los estudiantes a construir explicaciones científicas de manera explícita en el aula escolar, haciendo énfasis en los componentes explicativos de la práctica científica (Keeley, 2015; Peker & Wallace, 2011; Zangori & Forbes, 2013). En relación a este punto, es preciso que los docentes proporcionen oportunidades para que los estudiantes desarrollen explicaciones, pues hay un vínculo entre las ideas de los profesores acerca de las explicaciones científicas, su formación y las explicaciones de los estudiantes.

En general, las concepciones de los docentes sobre las explicaciones científicas son cruciales para la enseñanza lo que, a su vez, afecta la construcción de las explicaciones de los estudiantes (Leite et al., 2007; Zangori & Forbes, 2014). Por ejemplo, si en la clase de ciencias a los estudiantes se les proporcionan descripciones de los fenómenos científicos en lugar de explicaciones, posteriormente, cuando se les solicite una explicación, los alumnos se limitarán a hacer una descripción de los fenómenos (Treagust & Harrison, 1999; Rowell & Ebbers, 2004), pues la calidad de las explicaciones está fuertemente asociada con el proceso de construcción de la explicación (Wang,

2015). Un aspecto corroborado en la investigación de Duschl (1998) al afirmar que el discurso de los docentes puede contribuir a favorecer la transformación de la explicación. En este sentido, los profesores podrían acercarse a la explicación científica de una manera menos dogmática (De Pereira, Lima & Rodrigues (2016).

Así, la explicación científica escolar es un reto para los docentes por cuanto hay dificultades para conceptualizar sus ideas acerca de la explicación y apoyar el proceso de construcción de las explicaciones de los estudiantes (Beyer & Davis, 2008; Zangori & Forbes, 2013). Según Rocksén (2016), estas dificultades en el proceso de la explicación se pueden derivar de la coexistencia de tres significados posibles de la palabra *explicación*: uno cotidiano, uno pedagógico y uno científico, los cuales tienen implicaciones en el proceso de la explicación. Más aún, Aydeniz & Özdilek (2015), al evaluar la comprensión de los profesores de ciencias en formación sobre la argumentación científica y la diferencia entre la argumentación científica y la explicación científica, mostraron que la mayoría de los participantes carecía de una adecuada comprensión sobre la argumentación científica y la diferencia entre esta y la explicación científica.

Por su parte investigadores como Brown & Brown (2010) y Koul (2017) proponen estrategias de enseñanza para mejorar la explicación tales como explorar los conocimientos previos de los estudiantes, utilizar recursos para la explicación, incrementar la participación del estudiante y aplicar de estrategias de razonamiento. Sobre este punto, Acuña, García y Sánchez (2011) demostraron que hay una relación entre los conocimientos previos y la explicación, en tanto que, Chin-Parker & Cantelon (2016) consideran que para favorecer la generación y comprensión de la explicación en los estudiantes no es suficiente la mera exploración de los conocimientos previos sino que, además, es necesario someterlos a un procesamiento contrastivo.

Otro grupo de trabajos de investigación se centran en la evaluación de la calidad de las explicaciones científicas de los docentes. Por ejemplo, Sevia & Gonsalves (2008) presentan una rúbrica para evaluar la calidad de las explicaciones científicas de los docentes distinguiendo entre el conocimiento de los contenidos y el conocimiento pedagógico. De igual manera, Cabello (2013) realiza una rúbrica para la valoración de las explicaciones conceptuales de los profesores en formación utilizando 10 criterios: enfoque diversidad, condiciones de uso, contextualización, enlace con otros conceptos, vínculo con la vida cotidiana, conocimiento previo, preguntas, respuestas, ejemplos, tomar notas.

Por su parte, Dagher & Cossman (1992) exploran la naturaleza de las explicaciones utilizadas por 20 profesores de ciencias de la escuela media y categorizan las explicaciones en 10 tipos: analógico, antropomórficos, funcionales, genéticos, mecánicos, metafísico, prácticos, racionales, tautológicas y teleológico.

Para Morales y Manrique (2012) las explicaciones elaboradas por los profesores de química son una mezcla entre icónicas y lingüísticas. Estos autores además evidencian que hay dificultades para abordar las explicaciones de fenómenos químicos en donde se hace necesario la aplicación y la interrelación entre los niveles de representación (macroscópico-microscópico).

Lo anteriormente expuesto demuestra que es importante plantear investigaciones sobre la actividad explicativa de los docentes, conocer qué, cómo y para qué explican los docentes la ciencia en el aula e identificar herramientas didácticas que puedan favorecer la construcción de la explicación científica escolar como una forma de comprender el mundo de los fenómenos.

1.1.4 Explicación del fenómeno de la combustión.

El devenir de las investigaciones sobre el fenómeno de la combustión se ha orientado a partir de tres ejes: *a)* conocer el sentido que los estudiantes dan a la combustión *b)* la relación entre la combustión y la reacción química y *c)* la importancia de la combustión en el desarrollo de la química (Cabrera, 2012).

Diversos estudios se han centrado en las concepciones de los estudiantes en relación a las reacciones de combustión. Por ejemplo, Abraham, Williamson & Westbrook (1994); BouJaoude (1991); Méheut, Saltiel & Tiberghien (1985) y Watson, Prieto & Dillon (1997) encontraron que los estudiantes confunden la combustión con un cambio de estado de agregación de la sustancia que arde. De forma similar, Andersson (1986); Donnelly & Welford (1988); Driver (1989) y Méheut et al. (1985) coincidieron en que los átomos de oxígeno no se combinan con las moléculas del combustible; las sustancias permanecen a lo largo de la reacción aunque pueden cambiar sus propiedades; el aire y el oxígeno son necesarios para la reacción, pero no participan activamente de ella. BouJaoude (1991) encontró que los estudiantes piensan que el gas o el oxígeno se destruyen cuando ocurre una combustión.

De esta manera, autores como Gómez, Sanz, Pozo, y Limón (1991) señalan que las dificultades de los estudiantes para comprender la química en general y el fenómeno de la combustión en particular, residen en la forma en que organizan sus ideas a partir de sus propias teorías, así como también las dificultades encontradas en el estudio de eventos no observables y conceptos complejos como el de reacción química.

Por otro lado, De Jong, Ahtee, Goodwin, Hatzinikita & Koulaidis (1999) sugieren que hace falta un mayor conocimiento tanto conceptual como procedimental del fenómeno de la combustión por parte de los docentes que les permita orientar la explicación de este fenómeno en el aula de clase, así como identificar las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de los conceptos específicos asociados a la combustión. En tanto Kind (2013), al estudiar los aspectos

relacionados con el conocimiento pedagógico del contenido sobre las reacciones de combustión de profesores en formación, demostró niveles estadísticamente más débiles en términos de comprensión para los biólogos que para los químicos y físicos; estos resultados plantean que el conocimiento pedagógico del contenido tiene implicaciones en la formación de los docentes de ciencias y en la enseñanza de los conceptos de química en la escuela.

Más aún, Ariza y Parga (2011) concluyeron que existe una desarticulación de los componentes del conocimiento didáctico del contenido de los profesores en formación cuando enseñan la combustión lo cual se evidencia en los siguientes aspectos:

- A. Las concepciones variadas del concepto combustión, manejan lo macroscópico desde la teoría del flogisto y, para interpretar lo nanoscópico de la química que enseñan, utilizan una hibridación entre el flogisto y la teoría del oxígeno.
- B. Al explicar tienen una concepción empiro-positivista de la ciencia al no identificar el aporte de la teoría del flogisto.
- C. Se dejan de lado conceptos tales como procesos de óxido-reducción en diferentes procesos biológicos y químicos, cuerpos combustibles diferentes del oxígeno, comportamiento cuántico de las moléculas.
- D. En el trabajo experimental dan prioridad a la observación para interpretar la química de la combustión sólo desde lo macroscópico.
- E. Hay una marcada visión hacia un realismo ingenuo de la ciencia, donde la experimentación, la observación y la verdad del conocimiento científico es la realidad que puede dar explicación a todo, argumentada a su vez por la rigidez y sistematización del mal llamado método científico.
- F. El conocimiento histórico-epistemológico es considerado como un conocimiento para repetir sucesos y hacer interpretaciones en el aula—pero sólo de los hechos anecdóticos—o bien para recordar a los *personajes importantes* de la química.
- G. Se reconocen las metadisciplinas, pero no se sabe cómo relacionarlas en su discurso ni en su diseño curricular.
- H. No se considera que el conocimiento sea construido socialmente; se basan en una enseñanza transmisora de información.

En este sentido, Kind & Kind (2011) y Ross (2013) sugieren que hay ideas falsas en la enseñanza del fenómeno de la combustión, por lo tanto, es necesaria una clara distinción entre los conceptos involucrados en la explicación.

Por otro lado, Onyancha, Lee, Choi, Draney & Anderson (2009) al examinar el grado de instrucción dado por los profesores en la explicación de procesos relacionados con la transformación del carbono como la combustión, la descomposición, la fotosíntesis y la respiración, encontraron que hay un mejor desempeño en las explicaciones cuando los docentes

realizan instrucciones específicas de los procesos y principios involucrados en estos fenómenos. No obstante, Barreto et al. (2007) afirman que la vinculación e integración de los conceptos básicos mediante el uso de una serie de experimentos de laboratorio puede conducir a una mejor comprensión de los conceptos y las técnicas de laboratorio empleadas. Así mismo, Chang (2012) considera que la comprensión de la química como un sistema integrado, favorece la forma de representación de los conceptos (Valanides, Nicolaidou, & Eilks, 2003).

En este contexto, esta tesis busca contribuir en la línea de investigación en historia de la ciencia y formación docente, específicamente, en *a*) el campo de la explicación de la ciencia en el contexto escolar a partir de la caracterización de la explicación científica escolar dada por los PCNE al fenómeno de la combustión de una vela y *b*) el análisis de los aportes de la historia de la ciencia en el proceso de la explicación de la ciencia como una opción didáctica para fortalecer la explicación.

1.2 Formulación del problema

En la época actual, existen diferentes posibilidades teóricas y técnicas para que los docentes enseñen la ciencia de una manera más didáctica y con mayor acercamiento a la explicación científica, lo cual se debe, en parte, a la facilidad para acceder a la información. Sin embargo, la enseñanza de las ciencias se enmarca en el tradicionalismo reflejado en la forma como los docentes enseñan y explican la ciencia, transmiten información, presentan los conceptos aislados, el diseño y el desarrollo curricular en temas fragmentados y la evaluación como producto (Adúriz-Bravo 2001; Angulo, 2002; Caamaño, 2001; Chamizo, 2001; Uribe y Cuéllar, 2003).

En esta forma de enseñar dogmática, el docente privilegia el aprendizaje memorístico de los conceptos científicos, así como el desarrollo de problemas algorítmicos y repetitivos. En tanto que, el estudiante actúa como un sujeto pasivo que recibe y repite información, razón por la cual la enseñanza de la ciencia y de la química se convierte en un proceso aburrido, tedioso, poco significativo y distante de sus intereses y expectativas.

En ese contexto, la explicación científica escolar no posibilita el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, entendidas como la capacidad para comprender y aprehender el mundo a partir de las teorías científicas. Desde esta perspectiva, el aprendizaje de las ciencias no se relaciona con la vida cotidiana, con los fenómenos reales, lo que genera el desarrollo de unas clases extrañas a la realidad vivida (Camacho-González, 2010; Camacho-González y Quintanilla, 2008; Gallego et al., 2004b; Jara, 2012; García-Martínez, 2009; Quintanilla, 2003; 2005).

Por otra parte, el aula de clase es el espacio donde el docente de ciencias naturales proyecta las creencias y concepciones sobre la enseñanza y la naturaleza de la ciencia, de ahí que su conocimiento determine la forma como explica la ciencia en el aula escolar.

El conocimiento que posee el docente sobre la ciencia, la química y la forma de enseñar está ligado a su experiencia durante su formación inicial como profesor. Durante este período, el futuro docente recibe los fundamentos disciplinares, pedagógicos y didácticos para su desempeño profesional, no obstante, en los programas formadores de docentes, especialmente en los programas de las ciencias básicas, se privilegia el saber disciplinar específico del área de formación, pero no se le da relevancia a la práctica explicativa del docente. Más aún, existe la creencia de que el conocimiento de la disciplina es garantía para su enseñanza Chrobak y Leiva (2006); Gilbert & Treagust (2009); Corchuelo y Barrios (2013).

En general, en las instituciones formadoras de maestros se privilegia la enseñanza tradicional, lo que conlleva a que, una vez finalizado su proceso de formación, la práctica profesional de los docentes en el aula se guíe a partir de lo que vieron en sus profesores: la enseñanza tradicionalista caracterizada por la transmisión de información, el aprendizaje memorístico de conceptos y la tematización de los contenidos, por ende, los recién graduados terminan realizando explicaciones centradas en la descripción y la demostración del conocimiento científico. A este modelo de profesor transmisor, en variadas oportunidades, se le ha asociado con el desinterés que muestran los estudiantes hacia el estudio de las ciencias, desinterés que se evidencia en los bajos resultados que obtienen en las pruebas (Cardellini, 2012; Gallego et al., 2004a; Quintanilla, 2003; 2005).

Por lo descrito anteriormente, en los programas de formación de profesores de ciencias naturales se privilegia el modelo transmisor en el cual se tiene la concepción de que la ciencia, debido a su elevada *exigencia intelectual*, sólo la pueden desarrollar algunos sujetos. Se visualiza a la ciencia como el resultado de la acumulación de conocimientos de grandes científicos, los cuales son transmitidos utilizando unidades didácticas sustentadas en la transmisión-recepción Fernández, Elortegui, Rodríguez y Moreno (1997).

En este modelo se da importancia a los conceptos antes que a los procedimientos, las estrategias y las actitudes frente al aprendizaje de la ciencia, supuestamente en coherencia con una ciencia objetiva y neutral. Al respecto, Amórtegui, Correa y Valbuena (2010) mencionan que este modelo desconoce las condiciones sociales, científicas, ideológicas e históricas en las que se produce el conocimiento llegando a caer en el error de asumir la ciencia como una verdad absoluta e irrefutable. En relación al conocimiento y la formación profesional, el modelo transmisor de la ciencia toma como punto de partida la asunción de las competencias que debe tener el docente para aprender y transmitir un cúmulo de contenidos de carácter conceptual disciplinar, en esa medida, el profesor se forma para transmitir contenidos.

Otro tanto ocurre con la historia de la ciencia en la formación inicial de los maestros la cual se caracteriza por la narración de hechos anecdóticos y bibliográficos que relacionan un hecho científico con el personaje y la fecha de descubrimiento, pero que no tiene en cuenta el contexto histórico que permite comprender la naturaleza de la ciencia y su evolución. Muestra de ello se puede apreciar en los programas de formación de docentes que privilegian el conocimiento de los fenómenos de la ciencia desde el campo disciplinar, pero no se analizan el contexto histórico que llevó al científico a la explicación de dicho fenómeno; en este sentido, la fundamentación en historia de la ciencia en la formación inicial de docentes tiene un carácter descriptivo del pasado, que no resulta accesible ni pertinente para la comprensión menos dogmática de la ciencia.

Por su parte, investigaciones como las de Camacho-González (2010); Cuéllar (2010); García-Martínez (2009) y Matthews (1994) reconocen el valor de incorporar la historia de la ciencia en la formación del docente, principalmente, por el valor pedagógico y didáctico que esta historia de la ciencia tiene en la enseñanza del conocimiento científico. Desde esta perspectiva, la historia de la ciencia permite reconocer el contexto de descubrimiento de los hechos científicos al enfatizar en el carácter evolutivo de la ciencia, en la dinámica de las comunidades científicas y en la resolución de problemas relacionados con el contexto. En consecuencia, se necesita repensar la explicación científica escolar a la luz de la historia de la ciencia como una forma alterna para establecer nuevas propuestas didácticas que fortalezcan el proceso de la explicación científica escolar como un acto ilocucionario.

1.2.1 Formulación del problema de investigación.

A partir de lo expresado anteriormente, se formula el siguiente problema de investigación: ¿cuáles son los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar que generan los PCNE al momento de estudiar el fenómeno de la combustión en el aula de clase?

De ahí es posible establecer las siguientes preguntas de investigación para la orientación del proceso investigativo:

- A. ¿Cómo son las explicaciones que realizan los PCNE sobre fenómenos naturales en el aula escolar?
- B. ¿Qué diseño de actividades de aula generan los PCNE haciendo uso de la historia de la ciencia al explicar fenómenos naturales en el aula escolar, luego del proceso de formación en la CODEP?
- C. ¿Cómo son las explicaciones sobre fenómenos naturales, cuando el profesor de ciencias naturales en formación incorpora la historia de la ciencia en sus intervenciones en el aula escolar?

1.2.2 Objetivos de la investigación.

En la presente investigación se formula un objetivo general que establece el propósito central de la tesis y se plantean tres objetivos específicos que determinan el camino a seguir en el estudio.

1.2.2.1 Objetivo general.

Caracterizar los aportes que genera la historia de la ciencia a la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión en el aula de clase.

1.2.2.2 Objetivos específicos.

- A. Caracterizar las explicaciones que dan los profesores de ciencias naturales sobre los fenómenos naturales en el aula escolar.
- B. Analizar el diseño de actividades de aula que generan los profesores de ciencias naturales haciendo uso de historia de la ciencia al explicar fenómenos naturales después de participar del proceso de formación en la CODEP.
- C. Estudiar las explicaciones sobre el fenómeno de la combustión cuando el profesor de ciencias naturales en formación incorpora la historia de la ciencia en sus intervenciones en el aula escolar.

1.2.3 Tesis.

La historia de la ciencia genera aportes para la explicación científica escolar que van desde los profesores mismos hasta el estudiante. Estos aportes se relacionan con los hechos históricos que han permitido el avance de la ciencia y la forma cómo se emplean en el salón de clase, siempre que el profesor utilice conscientemente la historia de la ciencia ligada a la intención que desarrolla en la explicación.

En este contexto, la explicación científica escolar se enriquece al entenderla como un acto ilocucionario fundamental para comprender la ciencia en la escuela. Desde esta perspectiva, la historia de la ciencia es primordial para la formación de los PCNE en razón al mejoramiento de sus procesos explicativos.

2. Marco Teórico

En esta sección se presentan los fundamentos teóricos para abordar la problemática de investigación. Los referentes se organizan en tres núcleos temáticos, en primer lugar, se analizan las ideas sobre historia de la ciencia y se señalan algunos aportes de la controversia y la replicación de experimentos en la enseñanza de las ciencias; en segundo lugar, se introduce el concepto de formación docente y, finalmente, se expone el concepto de explicación científica escolar como acto ilocucionario.

2.1 Historia de la ciencia

Según Hooykaas (1970) la historia de la ciencia tiene tres objetivos diferentes:

- a) Proporciona material al examen crítico de sí misma que hace la ciencia, b) aumenta la valoración de lo que ahora poseemos, cuando reconocemos las dificultades que costó adquirirlo y c) sirve de puente a la laguna existente entre la ciencia y las humanidades, demostrando cómo las ciencias naturales forman parte del humanismo de nuestro tiempo. (p. 49, traducción propia)

En virtud de esto, se puede afirmar que la historia de la ciencia permite reconocer el proceso histórico de evolución de las teorías científicas, valorar el esfuerzo que implica la aceptación social de una teoría, demostrar la naturaleza del conocimiento científico y reconocer que la ciencia y las humanidades son el resultado del esfuerzo de la humanidad por comprender el mundo, de ahí que un relato histórico *bueno* debe ser autoexplicativo (Gallie, 1968).

En este contexto, la historia de la ciencia es más que la narración cronológica de un acontecimiento, según Kragh (2007) la ubicación en el espacio y el tiempo de un acontecimiento sólo constituye su singularidad, pues alrededor de un acontecimiento existen relaciones, analogías, corrientes, estructuras y leyes que lo enriquecen. Un acontecimiento cronológico compromete el saber del científico, es decir, su historia de vida, sus creencias, sus intereses; el científico es un ser humano inscrito en una cultura que lo afecta y lo constituye como sujeto. Por esta razón, Kragh manifiesta que “los relatos de los científicos evidencian la imagen que tienen de sí mismos y la de su ciencia” (p. 157).

Esta perspectiva permite equiparar la acción docente de explicar la ciencia en el aula con la acción del científico al explicar los diferentes fenómenos en el laboratorio, pues ninguno de ellos

se puede separar de sus concepciones, de sus experiencias, de sus intereses y, en general, de su saber. En consecuencia, tanto la explicación científica como la explicación científica escolar se consolidan en términos del saber.

De acuerdo con Kragh, existen diferentes posibilidades teóricas a partir de las cuales es posible realizar el estudio de la historia de la ciencia. Por un lado:

Según la teoría *anacrónica*, debería estudiarse la ciencia del pasado a la luz de los conocimientos que hoy en día tenemos, y además teniendo presente esa evolución posterior, especialmente la manera en la que llegó a convertirse en lo que es en la actualidad. (p. 123)

Por otra parte,

El ideal *diacrónico* es estudiar la ciencia del pasado a la luz de la situación y las teorías que existían realmente en el pasado; en otras palabras, despreciar todos los acontecimientos posteriores que no pudieron tener ninguna influencia sobre el período en cuestión. (p. 124)

Bachelard (1972) introduce el concepto de historia recurrente de la ciencia, el cual se refiere a los hechos históricos contados a la luz del presente, haciendo énfasis en el proceso de correcciones y rectificaciones que da origen al surgimiento de los conceptos.

Para Libran & Izquierdo-Aymerich (2015), en la didáctica de las ciencias se hace uso de la historia de la ciencia hecha por los historiadores de la ciencia a partir de la reconstrucción de episodios históricos que permiten estudiar hechos ejemplares asociados con las ideas estructurantes de las ciencias para construir *islotes de racionalidad*. Según Fourez (1997), cada *islotte de racionalidad* “designa una representación teórica apropiada a un contexto y a un proyecto que se tienen en perspectiva y permite comunicarse y actuar con referencia al mismo” (p. 69).

Por lo tanto, estudiar el fenómeno de la combustión como islote interdisciplinario de racionalidad, implica construir una representación interdisciplinaria del fenómeno de la combustión a partir de la teorización que se hace durante el desarrollo de la explicación de los procesos químicos, biológicos, y físicos inmersos en el fenómeno de la combustión.

Por consiguiente, el islote interdisciplinario de racionalidad, en este caso, designa un modelo teórico explicativo del fenómeno de la combustión, diseñado como pretexto para iniciar un diálogo en el cual es posible establecer conexiones desde otras disciplinas y realizar la modelización del mismo fenómeno desde campos disciplinares distintos, haciendo uso de la

diversidad de modelos que enriquecen la explicación. En esa medida, la historia de la ciencia se plantea como la metadisciplina pertinente para iniciar un diálogo permanente entre las disciplinas. Este diálogo no sólo es racional sino emocional y parte de una pregunta para explicar un fenómeno aparentemente simple, pero cuya explicación requiere una construcción teórica muy elaborada (Calafell y Bonil, 2007; Gómez, Pozo y Gutiérrez, 2004; Libran & Izquierdo-Aymerich, 2015; Fourez, Englebert-Lecompte & Mathy, 1998). En este sentido, la capacidad de la construcción teórica interdisciplinar constituye el eje de la formación científica, quizá en mayor medida que la enseñanza disciplinar (Fourez, 1994, p.100).

De acuerdo con Matthews (1994), el valor de incorporar la historia de la ciencia a la enseñanza radica en la posibilidad de *humanizar la ciencia* y hacerla más próxima al interés de niños y jóvenes, al potenciar la capacidad de reflexión crítica, hacer las clases más amenas y mejorar la formación del profesor. Según Camacho-González y Quintanilla (2008), el estudio de episodios históricos en el aula de clase permite la identificación, caracterización y promoción de competencias cognitivo-lingüísticas, como las de definición, explicación, argumentación y justificación, entre otras.

Según García-Martínez (2009) la incorporación de la historia de la ciencia en la formación docente permite planear un proceso de enseñanza aprendizaje más crítico y reflexivo de la ciencia, tener una visión más próxima respecto a cómo se generan el conocimiento científico y la actividad científica y comprender la estructura de la disciplina, sin embargo, es importante reflexionar sobre qué tipo de historia de la ciencia debe estar presente en la formación de los docentes.

Al respecto, Quintanilla (2005) manifiesta que los docentes deben estudiar las fuentes de los científicos a partir de las cuales se posibilite diseñar herramientas didácticas para la enseñanza de las ciencias escolar. Consecuentemente, el autor diseña una propuesta de formación docente denominada Ciclo Teórico Empírico, que se describe a continuación:

1. Identificar los dos ejes de la formación científica: saber ciencia y saber lo que es la ciencia.
2. Identificar y caracterizar los componentes del conocimiento profesional del profesorado en ciencias.
3. Caracterizar el conocimiento de la ciencia que ha de tener el profesor desde la perspectiva de tener que enseñarla.
4. Identificar la historia de la ciencia que es valiosa para la formación del profesorado de ciencias.
5. Procurar que se expliquen los modelos de ciencias del profesorado de ciencias.
6. Definir y organizar la secuencia de los contenidos.
7. Identificar contribuciones históricas que son relevantes para la formación del profesorado.

8. Identificar ejemplos paradigmáticos de la historia de la ciencia, su transposición y su evaluación.
9. Pensar de manera metacognitiva sobre la organización de la historia de la ciencia al enseñar ciencias.
10. Reorganizar el currículo de ciencias a partir de las contribuciones de la historia de la ciencia (Citado por García-Martínez, 2009, p. 87).

Con base en este modelo, es importante reconocer que la incorporación de la historia de la ciencia en la formación docente permite enriquecer el saber docente y, por ende, la explicación científica escolar. En este sentido, el reto es estudiar el trabajo de los científicos y sus descubrimientos a partir de los cuales se pueda explicar la ciencia en el aula, con la construcción de una historia de la ciencia más representativa para los docentes porque aporta a su formación permanente y desempeño profesional en el aula.

En consecuencia y, aplicando el ciclo teórico empírico en la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión propuesto por Quintanilla (2005), tendríamos una secuencia para la articulación de historia de la ciencia en la formación de los PCNE, representada en la Figura 1.

Figura 1 *Ciclo teórico empírico para la explicación científica escolar articulando la historia de la ciencia*



Elaboración propia con base en los fundamentos teóricos de Quintanilla (2005).

Es importante resaltar que el ciclo anterior es uno de los soportes teóricos para el diseño metodológico de la tesis.

2.1.1 Controversia y replica: dos elementos didácticos a partir de la reconstrucción de episodios históricos.

Las controversias son el contexto dialógico natural en que se elaboran las teorías y se constituye progresivamente su sentido Dascal (1995, p. 13). En el desarrollo de este contexto dialógico se generan argumentos contradictorios en la interpretación y explicación de un fenómeno determinado (Moreno, 2006), de esta manera se genera la discrepancia, el desacuerdo, la discusión o el debate entre los científicos (Díaz y Jiménez-Liso, 2012).

En tanto que la réplica de experimentos constituye un elemento fundamental en el estudio de las ciencias empíricas; según Belloni (1970) la reconstrucción de los experimentos históricos tiene un valor especial como método suplementario para la interpretación de textos.

Por consiguiente, realizar una investigación en la que se estudien las controversias científicas y se realice replicación de experimentos, implica reconocer la complejidad de los fenómenos y, sobre todo, entender que la ciencia es el producto de la evolución humana. De esta manera, las controversias y la replicación tienen un valor muy significativo en la explicación científica escolar, pues permiten comprender la verdadera naturaleza de la ciencia y su praxis (Belloni, 1970; Dascal, 1995; Díaz y Jiménez-Liso, 2012; Moreno, 2006).

En la tesis se realiza la réplica de los experimentos seleccionados por los PCNE a partir del estudio del documento *La historia química de una vela* (Faraday, 2004) para diseñar la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión de una vela.

2.2 Formación docente

En la tesis la formación docente se entiende como:

Una manera de enunciar el proceso vital e intelectual de la educación y su expresión subjetiva y colectiva, ya que entraña su profesionalidad por referencia a fines altamente humanos en continua revisión. Por tanto, es un producto en permanente construcción, que integra la práctica y la teoría con los valores y símbolos propios de los imaginarios de los pueblos, a partir del saber pedagógico como saber fundante de la profesionalidad. (Flores, 2004, p. 9).

Por su parte, Bustamante (2006) considera que la formación docente trasciende la pedagogía, la didáctica y la disciplina específica hacia la conciencia del docente como sujeto de su propio aprendizaje; de hecho, en la formación docente se incorporan los saberes de la experiencia. Por

lo tanto, el ejercicio de la profesión docente es una actividad intencional en la que se da sentido a lo que se hace y a lo que propone el docente (Angulo, 2002) para el que el ejercicio de la docencia se puede concebir a partir de dos concepciones: la primera, construida desde la práctica la cual reconoce el potencial y la dinámica de la práctica docente y, la segunda, derivada de la aproximación teórica que justifica la fundamentación epistemológica y pedagógica de la formación docente.

Tardif (2004) afirma que en la formación inicial el docente adquiere los saberes en los diferentes programas de educación formal ofrecidos por la universidad; institución en la que se forma y se tienen en cuenta dos ejes. Por un lado, los saberes de la ciencia, que constituyen “saberes sociales definidos y seleccionados por la institución universitaria [...] que corresponden a diversos campos del conocimiento” (p. 30), y “los saberes pedagógicos [que] se presentan como doctrinas o concepciones provenientes de reflexiones sobre la práctica educativa” (p. 29).

Según este autor, el saber docente se compone de diferentes saberes: *a)* saberes disciplinares, *b)* saberes curriculares y *c)* saberes experienciales, tal como se presenta en la Tabla 2:

Tabla 2 *Saberes del docente*

Saber Docente		
Saberes Disciplinarios	Saberes Curriculares	Saberes Experienciales
Son los saberes de que dispone nuestra sociedad que corresponden a los diversos campos del conocimiento, en forma de disciplinas, dentro de las distintas facultades y cursos. (p. 30)	Corresponden con los discursos, objetivos, contenidos y métodos a partir de los cuales la institución escolar categoriza y presenta los saberes sociales que ella misma define y selecciona como modelos de la cultura erudita y de formación para esa cultura. (p. 30)	Desarrollan saberes específicos, basados en su trabajo conocimiento cotidiano y en el conocimiento de su medio. Estos saberes brotan de la experiencia, que se encarga de validarlos. (p. 30)

Fuente: Tardif (2004).

Según Porlán (2003) la formación del docente se debe guiar por unos principios alternativos a la formación didáctica tradicional, principios que buscan: *a)* “promover un conocimiento de la disciplina problematizado, evolutivo y complejo” (p. 26); *b)* “adoptar una perspectiva interdisciplinar, transdisciplinar y metadisciplinar” (p. 27); *c)* “analizar desde el punto de vista didáctico las experiencias, concepciones, modelos, cosmovisiones del adolescente” (p. 30); *d)* “promover una interacción entre los aportes de las Ciencias de la Educación y los problemas más significativos de la práctica docente” (p. 31); *e)* impulsar la aplicación crítica y autónoma de la legislación educativa (p. 32) y *f)* “desarrollar modelos didácticos alternativos, basados en la vocación, el compromiso crítico, la autonomía, la investigación” (p. 33).

De forma análoga a los planteamientos de Porlán (2003), en Colombia se establece un perfil para la formación del docente en servicio (Ministerio de Educación Nacional, 2013) con el fin de

enriquecer la formación del docente vinculado laboralmente al ejercicio de la profesión docente y se considera como:

la oportunidad más importante que tiene el educador para afianzar sus apuestas por la educación. Las mismas que son derivadas de las profundas reflexiones que hace a partir de sus prácticas pedagógicas en los diversos escenarios educativos; del establecimiento de las relaciones textuales e intertextuales con la complejidad del aprendizaje y la enseñanza; de las relaciones que establece entre el hecho educativo y la política pública; y de las tendencias educativas contemporáneas que le han de conducir a generar propuestas educativas pertinentes a la educación colombiana.

Se atribuye al subsistema de formación en servicio, la supremacía de la integración de representaciones colectivas de formación para la cualificación del educador. (p. 91)

Por lo tanto, la reflexión sobre la práctica docente a partir del dialogo con sus pares, se constituye en uno de los ejes prioritarios para la formación del docente en ejercicio. Según Grossman et al. (2001) la formación docente y el desarrollo intelectual continuo de los profesores solo son posibles a través del diálogo orientado por la reflexión crítica sobre la práctica docente, en un espacio de interacción con el otro denominado comunidad de desarrollo profesional.

Las CODEP son definidas por García-Martínez (2009):

como un grupo de profesores que se reconocen como profesionales de la educación, los cuales participan en discusiones críticas y reflexivas para la toma de decisiones en torno a su objeto de estudio, la enseñanza y el aprendizaje en su aula (e institución) y otros procesos que allí se desarrollan y que las condicionan. Esta comunidad comparte poco a poco ciertas prácticas y referentes que se van construyendo como producto de esta dinámica, que la definen y retroalimentan. (p. 57)

En el trabajo de investigación se pretende consolidar una comunidad de desarrollo profesional para el diseño e implementación de la explicación científica escolar con el apoyo de los talleres de formación docente para la reflexión y el análisis de la práctica explicativa de los docentes.

2.3 Explicación científica

La explicación es una de las operaciones cognitivas más importantes de los seres humanos (Thagard & Litt, 2006) y se constituye en uno de los objetivos fundamentales para las Ciencias experimentales (Eder y Adúriz-Bravo, 2008; Hempel, 1979; Sanmartí, 2007) en la enseñanza de

las ciencias, en esa medida, la explicación se instituye como el eje del discurso escolar y de la práctica diaria del docente.

De acuerdo con Eder y Adúriz-Bravo (2008), en la explicación en la ciencia se pueden considerar dos perspectivas metateóricas para entenderla: *a)* la epistemológica, que permite comprender la naturaleza de una buena explicación y *b)* la didáctica, a través de la cual es posible “hacer consideraciones acerca de la enseñanza del procedimiento cognitivo lingüístico de explicar” (p. 102).

Conforme a esto, existe consenso entre los epistemólogos sobre la clasificación taxonómica que determina modelos y tipos de explicación como se sintetiza en la Tabla 3:

Tabla 3 Modelos epistemológicos de la explicación

Modelos epistemológicos de la explicación			
Modelo	Características	Tipo	Características
Nomológico-deductivo	Explicación positivista-lógica Razonamiento deductivo Enunciado con forma de ley científica	Hipotético-deductivo	Este modelo admite que las hipótesis son proposiciones cuyo valor de verdad será demostrado.
		Potencial	En esta explicación, las leyes que se dan en el enunciado no necesitan ser verdades. En este sentido, “los datos son, de algún modo, “problemáticos” en lo que hace a su valor de verdad” (Eder & Adúriz-Bravo, 2008, p. 110).
		Causal	Para la explicación causal, los hechos se explican cómo efectos de causas antecesoras al fenómeno.
Probabilístico-inductivo	Leyes estadísticas Nociones probabilísticas Describe regularidades Hay inferencia, no deducción	Estadístico	En el enunciado se establecen principios estadísticos, a partir de los cuales es posible realizar inferencias.
Sin leyes	No se requieren leyes	Conceptual	A partir de este modelo de explicación, es posible comprender un fenómeno particular, cuando se lo ubica en un contexto general.
		Genético	Para esta explicación, adquieren sentido y significado los hechos históricos que constituyen el fenómeno.
		Teleológico y funcional	Estas explicaciones se vinculan a comportamientos intencionales dirigidos a un fin
		Comprensión o significación	Estas explicaciones permiten llegar a interpretaciones más complejas de los fenómenos.
Pragmático-ilocutivo	Vincula el lenguaje en el uso y el contexto		
Analógico-abductivo modélico-	o Enfoque semántico o Enunciación lingüística o Uso de representaciones		

Desde el modelo epistemológico analógico-abductivo o modélico-abductivo, la explicación se entiende como:

... el acto de subsumir los fenómenos a explicar bajo *modelos teóricos* abstractos que son similares a ellos [...]. Desde la perspectiva *semántica*, esto es, centrada en los *significados* que tiene el conocimiento científico y que permiten hacer inteligible el mundo de fenómenos, no sería tan importante la *enunciación lingüística* particular que asume la explicación como el uso de *representaciones* potentes para inteligir e intervenir la realidad natural (Eder y Adúriz-Bravo, 2008, p. 118)

Por consiguiente, la explicación se constituye en una cadena larga de razonamientos teóricos que permiten establecer una conexión con la realidad—que va más allá de la percepción—y que buscan comprender el mundo a través de teorías científicas que se establecen en explicaciones de las cosas vistas en términos de las no vistas (Deutsch, 2009), de ahí que las teorías científicas tengan un fin explicativo (Concari, 2001; Thagard & Litt, 2006).

2.3.1 La explicación científica escolar como acto ilocucionario.

De forma análoga y parafraseando a Van Dijk (2008), la explicación es una forma específica del uso del lenguaje, se trata de un proceso dinámico de comunicación que se da en la interacción en el aula de clase.

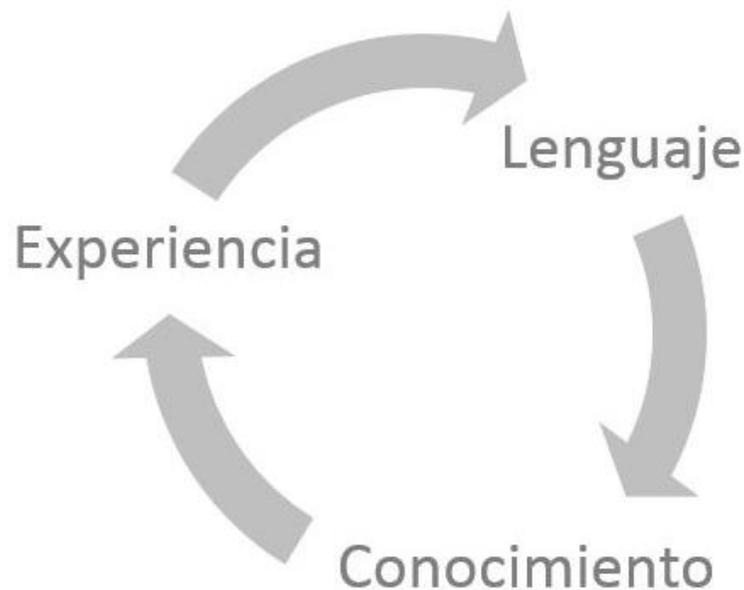
Según Lemke (1997), el lenguaje permite construir significados y dar sentidos a los hechos y posibilita contrastar, discutir y difundir los conceptos de la ciencia a través de la palabra. A su vez, las palabras transmiten las ideas de la ciencia, por lo tanto, la ciencia y el lenguaje se interrelacionan para perfeccionarse (Lavoisier, 2009). Por consiguiente, el pensamiento científico existe gracias a la palabra y al lenguaje, según Quintanilla (2006).

Afín a este tema, Saza et al. (2012) afirman que el lenguaje, en la enseñanza de las ciencias, es un recurso que permite construir significados y relaciones entre los conceptos e ideas científicas. La explicación, como acto lingüístico, posibilita la construcción de esquemas conceptuales cada vez más complejos para comprender los fenómenos naturales, al incentivar el lenguaje y el uso del vocabulario científico a través del desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas.

Para Jorba, Gómez y Prat (2000) la explicación permite “producir razones o argumentos de manera ordenada. Establecer relaciones entre las razones y argumentos que lleven a modificar un

estado de conocimiento” (p. 43). Estos argumentos y razones implican un proceso cognitivo que, de acuerdo con Arcà, Guidoni y Mazzoli (1990), se fundamentan en el esquema de la experiencia, el lenguaje y el conocimiento: “estos planos coexisten y se encuentran en una fortísima tensión recíproca, además de una estrecha correspondencia. En otras palabras, todo proceso cognitivo puede interpretarse como una dialéctica cíclica desarrollada en estos tres términos” (p.27). En este sentido, hay una conexión entre la experiencia que se representa en un lenguaje hecho de palabras y que, a su vez, es comunicable. Por tanto, cualquier intervención dirigida a la educación científica debe fundamentarse, según estos autores, en el esquema que aparece en la Figura 2:

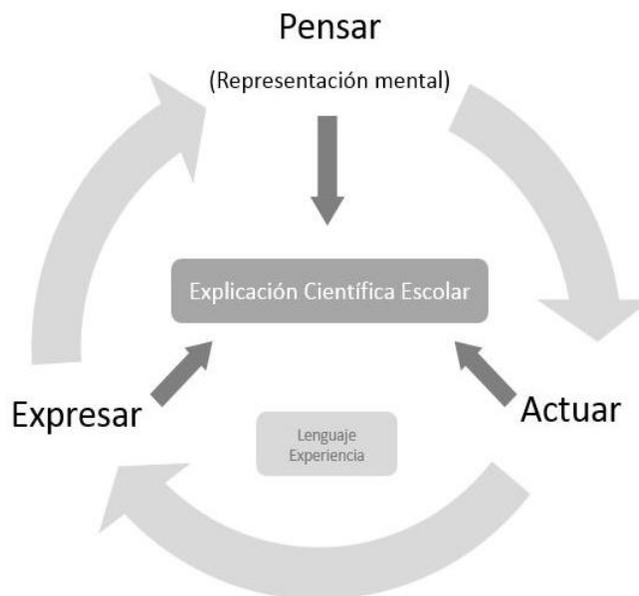
Figura 2 *Las dimensiones del proceso cognitivo según Arcà, Guidoni y Mazzoli, (1990)*



Elaboración propia con base en los fundamentos teóricos de Arcà, Guidoni y Mazzoli, (1990)

Por consiguiente, cuando el profesor explica en ciencias naturales, hace uso de elementos tanto cognitivos como lingüísticos que se interrelacionan para la construcción de la explicación científica escolar como se representa en la Figura 3:

Figura 3 La explicación científica escolar desde las dimensiones de Arcà, Guidoni y Mazzoli, (1990)



Elaboración propia con base en los fundamentos teóricos de Arcà, Guidoni y Mazzoli, (1990)

De esta manera, la explicación entendida como una actividad cognitiva lingüística, implica desarrollar diferentes procesos cognitivos (identificar, ordenar, comparar, clasificar, inferir) y establecer diferentes relaciones entre conceptos para construir proposiciones argumentadas, y así, ser comunicadas de forma verbal o mediante diferentes tipos de textos. Así, el docente estructura la explicación a partir de la articulación del pensar, el expresar y el actuar con la intencionalidad de que ese discurso explicativo sea comprensible para los estudiantes.

En esta tesis, el concepto de explicación se sustenta desde el racionalismo crítico derivado de la nueva filosofía de la ciencia, que concibe que la explicación, además de tener un carácter pragmático-ilocutivo (Eder y Adúriz-Bravo, 2001), es un acto ilocucionario a partir del cual se emiten palabras con intenciones apropiadas de producir cierto efecto implicado en un acto que tiene tres momentos: *a*) el acto de explicar, *b*) la explicación como producto y *c*) la evaluación de la explicación (Achinstejn, 1989). Para Adúriz-Bravo (2001), el modelo de explicación ilocutivo es el más adecuado para la explicación de la ciencia en el aula por cuanto

implica un proceso dinámico de comunicación a partir del cual se pone en acción el lenguaje en el aula.

Así pues, una buena explicación cumple con *a)* fines universales, como la verdad, la simplicidad, la unificación, la adecuación empírica o con *b)* fines pragmáticos como la resolución de problemas. No obstante, el fin principal de la explicación es la comprensión de la respuesta que se ofrece por parte del auditorio, de manera tal que la explicación se constituye en una actividad a partir de la cual se pone en acción el lenguaje en el aula. Por tanto, en la explicación intervienen, además del contexto, las personas que explican y el auditorio al que se dirigen las explicaciones (Achinstein, 1983). Del mismo modo, para van Dijk (2008) la explicación es una forma específica de uso del lenguaje, es un proceso dinámico de comunicación que se da en la interacción en el aula de clase.

Desde la teoría ilocucionaria, las explicaciones tienen tres aspectos relacionados con: *a)* la manera como se produce la explicación, *b)* la explicación como producto y *c)* la buena explicación entendida en términos de la comprensión. En síntesis, la explicación en la ciencia:

[...] potenciada a través de un ‘discurso docente’ teóricamente fundamentado desde las metaciencias, es aquella que responde a una pregunta intencionada en un contexto científico educativo y cultural determinado, que está escrita correctamente a la luz de unos criterios educativos establecidos al interior de la actividad escolar, que utiliza un modelo teórico de ciencia y de enseñanza de la ciencia lo más robusto posible y que proporciona autonomía al alumno para aprender a ‘leer el mundo’. (Quintanilla, 2006, p. 182)

Desde esta perspectiva, la explicación científica escolar se soporta en la historia de la ciencia para la comprensión de los fenómenos del mundo de la naturaleza. Por lo tanto, la explicación científica debe, entre otras:

- Estructurar el texto de manera expositiva, con un inicio, un desarrollo y una conclusión.
- Desarrollar la situación inicial mostrando los hechos nuevos que después permiten llegar a una conclusión.
- Relacionar los hechos nuevos y los conocidos de manera fácil de aceptar, porque se ha aplicado a situaciones análogas, la novedad está en las informaciones concretas que se ofrecen o en las conexiones entre estas informaciones, pero no en los dos aspectos a la vez. En general, estas relaciones son de causa-efecto. (Izquierdo-Aymerich y Sanmartí, 1999, p. 191)

En el marco de las observaciones anteriores, la explicación científica escolar permite realizar una clara distinción entre saber que ocurre un fenómeno y entender por qué lo hace brindar la posibilidad de explicar otros hechos científicos implícitos en el fenómeno y establecer la relación con otros fenómenos similares (Lipton, 2001).

2.3.2 Explicación científica escolar: un ejercicio de transposición didáctica.

Se puede reconocer que existen diferentes tipos de explicación desarrollados en el contexto de la filosofía de la ciencia que fundamentan la explicación en el aula de clase como un ejercicio de transposición didáctica de la explicación científica hacia la explicación científica escolar. En este punto, es importante reflexionar sobre el concepto de transposición didáctica de Chevallard (1991):

Un contenido de saber que ha sido designado como saber a enseñar, sufre a partir de entonces un conjunto de transformaciones adaptativas que van a hacerlo apto para ocupar un lugar entre los *objetos de enseñanza*. El «trabajo» que transforma un "objeto de saber a enseñar" en un "objeto de enseñanza", es denominado la *transposición didáctica*". (p. 45)

Al aplicar el concepto propuesto por Chevallard a la explicación científica escolar, el docente de ciencias naturales que explica la ciencia en el aula, hace uso de las explicaciones construidas por los hombres de ciencia—siglo XIX—o los científicos que crean nuevos conocimientos para la explicación de los fenómenos y la resolución de problemas científicos. Estos aportes a la ciencia son aceptados y legitimados por la comunidad científica y constituyen el saber erudito, en este caso, la explicación científica.

En el caso de Colombia, el Ministerio de Educación Nacional determina los estándares en los que se especifican los contenidos y las competencias que los estudiantes de educación básica primaria, básica secundaria y media vocacional deben estudiar. Estos contenidos y competencias son asumidos por las diferentes editoriales que producen materiales educativos a partir de los cuales los docentes pueden preparar sus clases.

El docente de ciencias naturales hace uso de la transposición didáctica con el fin tomar decisiones frente a los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. De forma tal que hace de la explicación científica una explicación científica escolar en la cual es posible distinguir dos grandes momentos, a saber, la estructuración de la explicación por parte del docente y la comunicación de esa explicación a sus estudiantes.

Finalmente, en este proceso de transposición didáctica, la explicación que comunica el docente a los estudiantes no es la misma que él tiene. Así pues, acaece nuevamente un acto de transposición didáctica en el cual la explicación que tiene el alumno es un saber del alumno, es decir, una explicación construida por él. En la Figura 4 se representa el proceso de transposición didáctica en la explicación científica escolar:

Figura 4 *Transposición didáctica de la explicación científica escolar*



Elaboración propia. Resultado de la investigación.

2.4 Dimensiones de análisis para la explicación científica escolar

Con base en la revisión de los referentes teóricos sobre la explicación científica escolar entendida como un acto ilocucionario, se establecen las bases teóricas para la caracterización de las explicaciones dadas por los PCNE a partir de lo que denominamos dimensiones para el análisis. En este contexto, se realiza una mediación teórica entre los criterios de textualidad propuestos por Beaugrande y Dressler (1997), la teoría de los actos de habla de Austin (1971) y Searle (1990) y la teoría de la explicación como acto ilocucionario propuesta por Peter Achinstein, con el consecuente diseño de una estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar.

Los anteriores referentes teóricos son asumidos en esta tesis por cuanto permiten entender la explicación de los docentes como un acto de comunicación ilocucionario en el aula de clase cuya intención es la comprensión del producto del acto explicativo por parte de los estudiantes.

2.4.1 Los criterios de la textualidad según Beaugrande y Dressler.

La explicación científica escolar es un acto de comunicación ilocucionario que cumple con las normas de la textualidad tanto para un discurso escrito como para un discurso oral. De tal suerte que la explicación tiene un carácter comunicativo que cumple con los criterios de textualidad establecidos por Beaugrande y Dressler (1997), con el propósito de realizar un acto explicativo apropiado para los estudiantes en términos de la comprensión.

Según estos autores existen siete normas de textualidad que garantizan un adecuado proceso de comunicación, estas son la cohesión, la coherencia, la intencionalidad, la aceptabilidad, la informatividad, la situacionalidad y la intertextualidad.

En principio, la *coherencia* es considerada por Van Dijk (2001) como “una propiedad semántica de los discursos, basados en la interpretación de cada frase individual relacionada con la interpretación de otras frases” (p. 26), es decir, que el conjunto de ideas o enunciados que conforman el texto se refieren a una misma realidad, por tanto, giran en torno a un tema que evidencia el conocimiento y dominio del mismo.

Cabe resaltar que la coherencia es una de las propiedades que constituyen la textualidad, que es la posibilidad de comunicar con palabras y permite que el discurso sea realmente comunicativo. Es así que la coherencia es definida y reconocida cuando:

Un texto “tiene sentido” porque el conocimiento activado por las expresiones que lo componen va construyendo, valga la redundancia, una CONTINUIDAD DE SENTIDO (véase Hörmann, 1976). Cuando los receptores detectan la ausencia de continuidad, el texto se convierte en un «sin sentido», característica normalmente atribuible a la existencia de una serie de desajustes entre la organización de los

conceptos o de las relaciones expresadas en el texto y el conocimiento previo del mundo que tienen los receptores. La continuidad del sentido está en la base de la COHERENCIA, entendida como la regulación de la posibilidad de que los CONCEPTOS y las RELACIONES que subyacen bajo la superficie textual sean accesibles entre sí e interactúen de un modo relevante [...]. Esta organización subyacente en un texto es lo que se denomina MUNDO TEXTUAL. [...] [que] contiene información que va *mucho más allá* del sentido literal de las expresiones que aparecen en la superficie textual: de manera casi automática, los procesos cognitivos aportan cierta cantidad adicional de conocimiento, denominado SENTIDO COMÚN, que deriva de las expectativas y de las experiencias de los participantes en la interacción comunicativa relativas a la manera como se organizan los acontecimientos y las situaciones en el mundo real. (Beaugrande y Dressler, 1997, p. 135-136)

Es preciso mencionar que la coherencia junto con la cohesión, dos de los estándares fundamentales con los que debe cumplir un texto, en muchas ocasiones han sido consideradas como sinónimos dando lugar a las relaciones semántico-pragmáticas en las que están inmersas. De ahí que Charolles (1978, citado por Calsamiglia y Tusón, 2001):

[...] permite hacer coincidir los procedimientos para lograr coherencia con los mecanismos de la cohesión, al formular las siguientes reglas para que un texto sea estructuralmente coherente:

- a) *Regla de repetición:* es necesario que la mayor parte de las proposiciones se encadenen tomando como base la repetición de unos elementos.
- b) *Regla de progresión:* es necesario que el desarrollo se produzca con una aportación constante de información nueva.
- c) *Regla de no contradicción:* es necesario que no se introduzca ningún elemento semántico que contradiga un contenido establecido previamente (de forma explícita o implícita).
- d) *Regla de relación:* es necesario que los hechos referidos estén relacionados en el mundo—real o imaginado—representado. (p. 221)

No obstante, es importante reconocer que los dos conceptos se incluyen entre sí, puesto que la coherencia hace referencia:

(...) al significado del texto en su totalidad, abarcando tanto las relaciones de las palabras con el contexto como las relaciones entre las palabras en el interior del mismo texto. Alude a la estabilidad y a la consistencia temática subyacente, asociada a la *macroestructura* (contenido) y a la *superestructura* (esquema de organización) del texto, a su *anclaje enunciativo* (protagonistas, tiempo y espacio) y a las *inferencias* que activan los hablantes para interpretarlo a partir de conocimientos previos. (p. 222)

Por su parte, la cohesión hace mención a las relaciones particulares que existen entre los elementos lingüísticos, aquellos que se interrelacionan entre sí y los que tienen como función conectar y organizar, por ello, es una de las principales características de coherencia en un texto:

Se da en el orden interior del texto y funciona como un conjunto de enlaces intratextuales para establecer las relaciones semánticas que precisa un texto para constituirse como unidad de significación. Estos enlaces se establecen tanto en un texto construido por interlocutores diferentes (en una conversación) como por un mismo locutor (en la exposición de un tema) (Casalmiglia y Tusón, 2001, p. 230)

Es así que la cohesión se refiere principalmente a las relaciones sintáctico-semánticas que se establecen entre los diferentes enunciados que componen un texto, determinadas por la conexión entre los hechos o ideas y la forma como son dadas a conocer.

Se debe tener en cuenta que la cohesión puede ser lineal, lexical o gramatical. La cohesión lineal establece una relación entre la información nueva y la dada a conocer, con el fin de garantizar la progresión, la continuidad del texto y la comprensión del mismo. La cohesión lexical se evidencia si hay corresponsabilidad entre las expresiones del texto, la semántica y la pragmática, de modo que “las expresiones de alguna manera deben ser homogéneas en el sentido en que estén conectadas por un vínculo de pertinencia, a nivel más global por pertenecer o ubicarse en el mismo ‘marco o dimensión’” (Rincón, 1998, p. 2).

Y, finalmente, la cohesión gramatical hace referencia a la concordancia entre las oraciones y sus partes en atención a que se produzcan proposiciones adecuadas que permitan conformar una unidad conceptual.

En tanto, la *informatividad* tiene que ver con el grado de novedad que se incluya en el texto, así como con la relevancia del contenido, de tal manera que sea interesante “mediante la incorporación de lo nuevo e inesperado a lo conocido y esperado [...] y mediante la ideación de un tema textual (también podría hablarse de un foco textual, de un propósito central en torno al cual girara la información)” (López y Gallardo, 2005, p. 315).

La *intencionalidad* es una característica importante del texto puesto que implica la actitud de quien lo produce, las metas que se ha planteado, los puntos de vista que dará a conocer, la posición que toma frente al tema trabajado y lo que quiere producir en el lector, por lo tanto, implica el objetivo con que se quiere producir el texto y, para ello, involucra una acción productiva, comunicativa y discursiva. De ahí que el mensaje que se emita deberá tener unas características para cumplir con el objetivo, por ejemplo, si se quiere informar, enseñar, describir, argumentar, explicar, entre otros. Sin embargo, un mismo texto puede tener diversas intenciones, lo importante es que éste sea coherente y cohesionado.

Así mismo, es fundamental la actitud del receptor, si el texto emitido es interesante o relevante para él. Esto ha sido denominado por Beaugrande y Dressler (1997, citados por Franco, 2004, p. 92) como “la aceptabilidad [que] se manifiesta cuando un receptor reconoce que una secuencia constituye un texto cohesionado, coherente e intencionado porque lo que comunica es, a su juicio, relevante”. Esta aceptabilidad “hay que incluirla en la acción comunicativa por su integración en la interacción discursiva” (Franco, 2004, p. 92).

Es así como la intencionalidad y aceptabilidad:

Son condiciones necesarias del texto con los interlocutores: para que una determinada organización de elementos lingüísticos constituya un texto, ésta ha de ser el resultado de una elección intencional o voluntaria por parte del hablante o productor textual y para su empleo ha de ser aceptada por el receptor.[...]. Como la cohesión y la coherencia pueden ser reguladas por la intencionalidad del locutor, podemos aceptar textos con déficit de cohesión o coherencia si lo atribuimos a una actitud del hablante. Así, la intencionalidad señala un margen de tolerancia respecto a la cohesión y la coherencia. Lo mismo sucede con la aceptabilidad, basada en los intereses del receptor y en su presunción de que el texto va a serle relevante (...). (López y Gallardo, 2005, p. 315)

La *interdisciplinariedad* pretende reconocer la importancia y posibilidad de colaborar y trabajar en conjunto con otras disciplinas, interactuar con ellas y darles su propio sentido, de tal forma que cada especialista en un área o disciplina contemple la necesidad de trascender en su propia disciplina y, entonces, recurra a admitir las contribuciones de otras disciplinas. Todo ello conduce a ampliar y a profundizar en el conocimiento y a tener una perspectiva vasta de lo que se estudia para que el discurso que se quiera emitir sobre el tema que se trabaje—de forma oral o escrita—sea investigado a profundidad y discutido desde diversas perspectivas.

La última propiedad textual es la *situacional* que hace referencia a la situación comunicativa en la que se produce el texto, teniendo en cuenta los factores que inciden en él y que lo hacen interesante. Es preciso aclarar que la influencia del contexto situacional, al momento del acto comunicativo, está mediada por la subjetividad de los interlocutores quienes involucran sus creencias, opiniones, argumentos y propósitos en la situación comunicativa que se desarrolla. Por ello, es importante que en el proceso de producción de un mensaje, no se pierda de vista la intención con la cual se lo emite, ni mucho menos los conocimientos previos y las expectativas de quienes serán los interlocutores, así como la realidad en la que se produce.

Así entonces, la situacionalidad hace referencia “a la situación socio-comunicativa, en el sentido de que de cara al propósito perseguido el hablante debe «conducir la situación», siguiendo un procedimiento similar a la resolución de problemas” (López y Gallardo, 2005, p. 315-316).

En definitiva, todo lo anteriormente mencionado conduce a considerar la importancia de reconocer la explicación científica escolar como un texto en toda su dimensión, no solo como un conjunto de grafías sino como un acto comunicativo—oral o escrito—que sucede en una situación específica en el contexto escolar; que debe tener en cuenta tanto el propósito con el que se emite la explicación como los intereses y expectativas del estudiante, pues es él quien finalmente avala la relevancia de la explicación producida, la cual debe ser coherente y cohesionada para que la explicación científica escolar sea comprendida.

2.4.2 La teoría de los actos de habla según Austin y Searle.

Teniendo en cuenta que las formas de comunicar son diversas y la creatividad desempeña un papel fundamental en el uso y desarrollo del lenguaje—con el que es posible interactuar tanto de manera verbal y no verbal—, cabe dar relevancia a las consideraciones de Habermas (1987) quien expresa que:

el lenguaje tiene una significación determinante para la formación sociocultural de la vida. «En el hombre la diferenciación funcional a través del lenguaje da lugar a un principio de organización completa diferente que produce no solamente un tipo distinto de individuos, sino también una sociedad distinta». (p. 11)

De esta manera, es posible confirmar que para que exista una comunicación exitosa no sólo se requiere el conocimiento y el dominio de reglas gramaticales sino también su uso en un contexto determinado. Por ello, Hymes propone “una etnografía del habla, para explicar que no se aprende sencillamente una lengua, sino que se aprende a vivir lingüísticamente, es decir que además de aprender una lengua, se aprenden sus usos” (citado por Losada y Moreno, 2003, p. 43). En otras palabras, la comunicación implica *saber hacer en contexto*, es decir, desarrollar y fortalecer procesos cognitivos y conceptuales que permitan enfrentar y solucionar diferentes problemas en distintas situaciones de su vida cotidiana. Por cuanto:

Una persona competente en el lenguaje es aquella que lo emplea para integrarse con los otros, entendiendo y haciéndose entender (...) se desarrolla, no cuando se manejan las reglas gramaticales de la lengua (competencia lingüística), sino cuando la persona puede determinar cuándo sí y cuándo no hablar, y también sobre qué hacerlo, con quién, dónde y en qué forma: cuando es capaz de llevar a cabo un repertorio de actos de habla, de tomar parte en eventos comunicativos y evaluar la participación de otros. (Tobón, 2004, p. 24)

Lo anterior se relaciona con lo propuesto en 1955 por John Langshaw Austin (1971) en su obra *Cómo hacer cosas con palabras* en la que expone que, además de decir, hacemos cosas con

las palabras y, por ello, es fundamental reconocer el valor que tiene lo que emitimos, lo cual traspasa los procesos de comunicación y se adentra en la construcción de sociedad.

Lo que Austin quería resaltar no se limitaba al sentido de las palabras o a los actos de habla sino a la relación entre las palabras y las acciones, es decir, a cuándo hacemos cosas con las palabras. Este autor refutó algunas teorías que estipulaban que lo importante “en la descripción lingüística era suponer que el papel del “enunciado” sólo podía ser el de “expresar sentidos, significados o pensamientos”, o el de “describir” algún estado de cosas, o el de “enunciar algún hecho” con verdad o falsedad” (Torre, 2004, p. 81). Austin se interesó por determinar la eficacia de la acción lingüística, es decir, comprender que al emitir algún enunciado, se ejecuta una acción, por tanto, el acto de habla no simplemente se usa para expresar sentidos y significados, “no consiste meramente en decir algo, sino en hacer algo” (Austin, 1971, p. 77).

Austin con su teoría de los actos de habla dio lugar a la pragmática lingüística. Esta teoría, retomada y profundizada por John Searle en años posteriores, se suscitó con la “hipótesis de que la unidad mínima de lenguaje no sólo tiene como función ser un enunciado o una expresión, sino además realizar determinados actos o acciones, como enunciar, plantear preguntas, dar órdenes, describir, explicar, disculpar, agradecer y felicitar, entre otros” (Lozano, 2010, p. 335), de ahí que cada palabra que se pronuncia tiene una intención, no únicamente sirve para informar o referir a algo o alguien sino que incorpora una acción por sí sola, de manera que todo enunciado representa una acción.

Pareció conveniente, por ello, volver a cuestiones fundamentales y considerar en cuántos sentidos puede afirmarse que decir algo es hacer algo, o que al decir algo hacemos algo, o aún porque decimos algo hacemos algo. En primer lugar, distinguimos un grupo de cosas que hacemos al decir algo. Los agrupamos expresando que realizamos un *acto locucionario*, acto que en forma aproximada equivale a expresar cierta oración con un cierto sentido y referencia, lo que a su vez es aproximadamente equivalente al *significado* en el sentido tradicional. En segundo lugar, dijimos que también realizamos *actos ilocucionarios*, tales como informar, ordenar, advertir, comprometerse, etc., esto es, actos que tienen una cierta fuerza (convencional). En tercer lugar, también realizamos *actos perlocucionarios*; los que producimos o logramos porque decimos algo, tales como convencer, persuadir, disuadir, e incluso digamos, sorprender o confundir. Aquí tenemos tres sentidos o dimensiones diferentes, si no más, de la expresión el ‘uso de una oración’ o ‘el uso del lenguaje’ (y, por cierto, también hay otras). (Torre, 2004, p. 84)

Lo anterior también tiene correspondencia con las reglas gramaticales—las cuales deben ser utilizadas adecuadamente para que la comunicación sea asertiva—y el contexto en el que ocurre la emisión del mensaje para dar sentido a lo que se está diciendo, puesto que cada acto de habla implica: *a*) relaciones entre el significado (acto locucionario); *b*) la intención, la fuerza, el propósito y la finalidad con la que se expresa el mensaje (acto ilocucionario) y *c*) la acción

resultante, el efecto, la respuesta a aquello que se ha dicho (acto perlocucionario). Aquí es preciso centrar la atención en dos elementos fundamentales: la fuerza y el significado y la fuerza y los efectos en los actos de habla pues:

es muy diferente que estemos aconsejando, o meramente sugiriendo, o realmente ordenando, o que estemos proponiendo en un sentido estricto o sólo anunciando una vaga intención, etc. Estas cuestiones entran un poco, y no sin confusión, en el terreno de la gramática (...), pero constantemente las discutimos preguntando si ciertas palabras (una determinada locución) tenían la *fuerza* de una pregunta, o debían haber sido tomadas como una apreciación, etcétera. (Torre, 2004, p. 143)

Al llegar a este punto, se infiere que el acto ilocucionario posee fuerza al decir algo y de ello depende que haya un efecto o respuesta a aquello que se ha emitido. Por lo tanto, los actos ilocutivo y perlocutivo poseen mayor valor comunicativo puesto que en ellos están inmersas la acción e interacción. Al respecto, Searle (1990) propone algunas modificaciones a los planteamientos de Austin al considerar que toda emisión tiene una fuerza ilocucionaria que podría estar regulada por las circunstancias. Este autor, además, insta *a)* los actos de emisión que consisten en emitir palabras y *b)* los actos proposicionales que se concretan cuando se hace referencia o se predica sobre los elementos de la realidad:

El referir, igual que el hecho de predicar, es un acto proposicional; para que el primero pueda ser un acto de habla, la referencia debe servir para identificar. A ésta Searle la denomina expresión referencial; al respecto señala: “Denominaré expresión referencial a cualquier expresión que sirva para identificar alguna cosa, proceso, evento, acción o cualquier otro género de ‘individuo’ o ‘particular’” (1990, p. 35).

Y, por último, el acto ilocucionario que depende de la fuerza ilocucionaria con la que el orador emite el mensaje, es decir, una fuerza comunicativa: “De acuerdo con Searle, algunos dispositivos de la fuerza ilocucionaria en el español son el contexto, el orden de las palabras, el énfasis, la curva de entonación, la puntuación, el modo del verbo y los denominados verbos realizativos” (Searle, 1990, citado por Lozano, 2010, p. 338). Cabe aclarar que estos actos pueden llevarse a cabo de manera verbal o no verbal, teniendo en cuenta que cada uno puede ser expresado mediante los gestos, las miradas, las posturas, la expresión corporal o acompañar con éstos la expresión verbal.

Además, Searle estableció que existen actos directos e indirectos. Los primeros, son aquellos que se atienen de manera rigurosa a lo literal y lo explícito, por lo tanto, el efecto se produce cuando el receptor comprende la intención del emisor. Los segundos, se refieren a aquellos que contienen una intención que el emisor debe inferir, reconocer, pues en el mensaje no se presenta de manera clara; lo cual ocurre porque, en ocasiones, el orador no dice explícitamente lo que

quiere decir o significa algo más. Este autor considera que muchos de los mensajes son emitidos de forma indirecta.

En definitiva, el proceso de comunicación implica, de acuerdo con lo expresado por Austin y Searle, tener un conocimiento vasto de las reglas gramaticales y de la fuerza ilocucionaria presente en toda emisión de mensajes—sean directos e indirectos—puesto que de ello depende que se produzca el efecto o respuesta deseada en el interlocutor y, de esa manera, se produzca una comunicación asertiva, considerando que cada palabra u oración que se emite implica una acción.

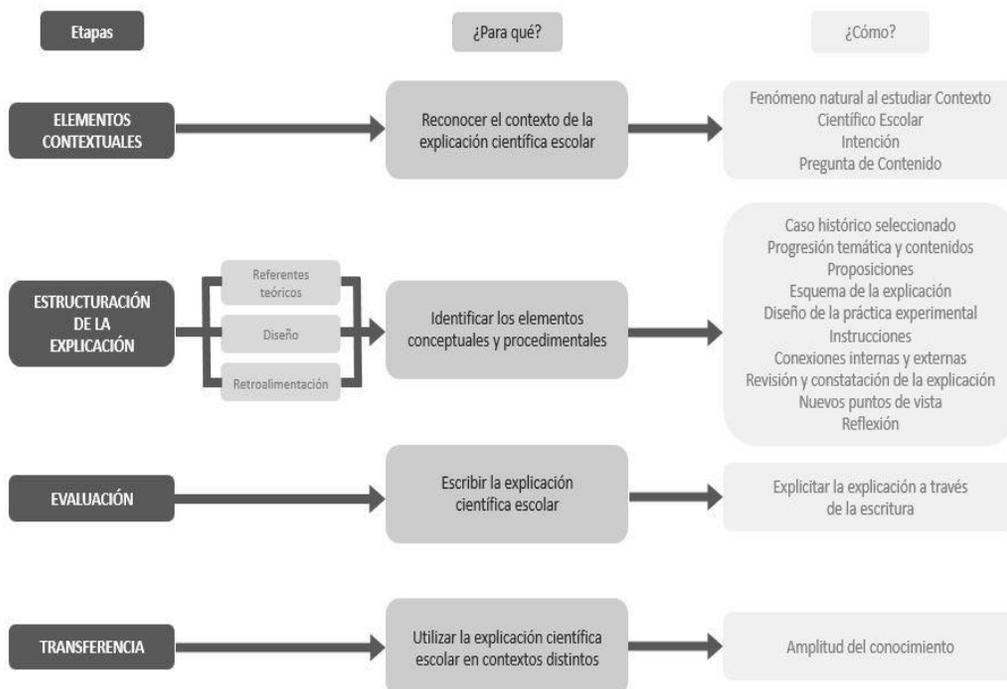
2.4.3 La estrategia de formación docente.

De acuerdo con Marzábal (2011) el aprendizaje es un proceso que consta de etapas sucesivas por las cuales va transitando el sujeto que aprende, en este sentido, es posible establecer un ciclo de aprendizaje coherente con las teorías de aprendizaje en las que nos situemos.

Para el diseño de la estrategia de formación docente esta tesis se fundamenta en la teoría de los criterios de textualidad de Beaugrande-Dressler, la teoría de los actos de habla de Austin y Searle y la explicación como acto ilocucionario de Achinstein. A continuación, se describe la estrategia de formación docente (véase Figura 5) planteada para el diseño de la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión de una vela y se concretan 4 etapas para el diseño del proceso explicativo haciendo uso de la historia de la ciencia:

- A. *Etapa 1: elementos contextuales:* ¿qué explico?, ¿a quién explico?, ¿para qué explico?
- B. *Etapa 2: estructuración de la explicación:* ¿qué explico?, ¿cómo puedo explicar a los estudiantes?, ¿qué recursos utilizo para explicar?
- C. *Etapa 3: evaluación:* ¿cómo evaluó la explicación?
- D. *Etapa 4: transferencia:* ¿qué vínculos nuevos puedo establecer?

Figura 5 *Estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar, basada en el diseño propuesto por Marzábal (2011)*



Elaboración propia con base en los fundamentos teóricos de Marzábal (2011)

A partir de estos elementos, se constituye una estrategia de formación docente que se utiliza en la tesis para el diseño de la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión de una vela en el aula de clase (véase Figura 6). El análisis se centra en los aportes de la historia de la ciencia tanto en el diseño como en la implementación de la explicación dada por los PCNE al momento de explicar la clase, además, se incluyen elementos de metaconocimiento para predecir y explicar los fenómenos (Schwarz et al. 2009).

La estrategia de formación docente se retroalimenta a medida que se hace el diseño de la explicación científica escolar, forma parte del proceso de investigación y es un producto de la misma, en tanto se describen y desarrollan actividades para la enseñanza y aprendizaje del fenómeno de la combustión de una vela. Consiste pues, en una manera distinta de explicar este fenómeno en el aula de clase, no solo porque articula el contexto histórico en la explicación sino porque es un ejercicio de construcción colectiva.

Figura 6 Diseño de la estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar



Elaboración propia. Resultado de la investigación.

El camino de retroalimentación de la estrategia de formación docente hasta llegar al diseño final y la matriz de valoración para el seguimiento a las explicaciones dadas por los profesores, serán descritas en detalle en el siguiente capítulo.

3. Metodología de la Investigación

En este capítulo, se presentan los fundamentos teóricos a partir de los cuales se configuró el diseño metodológico de la investigación. De igual manera, se hace una descripción detallada de las técnicas de recolección de datos e instrumentos, así como las pautas para la organización de la información y el análisis de los datos. Por último, se establecen los criterios de rigor científico desde la validación de la información.

En la Figura 7 se representan las fases del proceso cualitativo de investigación, las cuales determinan los lineamientos generales del diseño metodológico:

Figura 7 Fases del proceso cualitativo de investigación



Elaboración propia. Resultado de la investigación

3.1 Diseño metodológico

El punto de partida del diseño metodológico es la investigación cualitativa, orientada por un enfoque interpretativo y el diseño del estudio de caso que determinan un “esquema de actuación, percepción y comprensión de la realidad” (García, 2003, p. 36).

En esta investigación se analizan las explicaciones que generan los PCNE del fenómeno de la combustión en el aula de clase, a partir de la articulación de la historia de la ciencia como soporte para su enseñanza. La investigación se enmarca en el paradigma cualitativo desde el que se estudia, a profundidad, la riqueza y la complejidad inherente al fenómeno educativo en el contexto escolar, al realizar un abordaje holístico, integral y complejo del sujeto. El proceso de indagación es flexible, se mueve entre las preguntas, las respuestas y el desarrollo de la teoría,

además, se estudia el ambiente natural del fenómeno en cuestión, de esta manera, se analiza, interpreta y comprende la realidad educativa tal como se presenta. En esa medida, el estudio se fundamenta desde una perspectiva interpretativa de los acontecimientos educativos, centrada en la comprensión de los significados. Desde este paradigma las perspectivas de los sujetos estudiados tienen valor desde sus propios marcos de referencia (Imbernón et al., 2007; Pérez, 2004; Sandín, 2003).

El enfoque interpretativo del estudio no se limita solo a la descripción del proceso sino que llega a la comprensión del fenómeno en su ambiente natural, en este caso, la explicación del fenómeno de la combustión en el aula dada por los PCNE.

Al respecto, Vain (2012) afirma que:

[...] el enfoque interpretativo en investigación social supone un doble proceso de interpretación que, por un lado, implica a la manera en que los sujetos humanos interpretan la realidad que ellos construyen socialmente.

Por otro, refiere al modo en que los científicos sociales intentamos comprender cómo los sujetos humanos construyen socialmente esas realidades. (p. 39)

Además, este estudio merece credibilidad en cuanto se enmarca en un paradigma y diseño metodológico sustentado en elementos epistemológicos sólidamente constituidos (González, 2000).

Así las cosas, el estudio de caso es el diseño de la investigación cualitativa que orienta la tesis, ya que posibilita la comprensión del fenómeno que se estudia a través del descubrimiento de nuevas relaciones y conceptos basados en el examen minucioso de los datos (Rodríguez, Gil, y García, 1996).

En este sentido, la relación de la historia de la ciencia y la explicación científica escolar se aprecia con una visión detallada a través del estudio del fenómeno de la combustión de una vela y se busca comprender el aporte de la historia de la ciencia en la explicación en el aula de clase centrándose en las explicaciones que dan los PCNE al fenómeno de la combustión a partir del estudio del caso histórico.

3.1.1 Tipo de diseño de la investigación.

Dado que el objetivo central de esta investigación es la caracterización de la explicación científica escolar dada por los PCNE, el estudio asume el tipo de investigación descriptiva con el propósito de analizar las explicaciones y comprenderlas en el contexto del aula de clase.

La investigación tiene carácter longitudinal porque a través de la observación repetida y sistemática en un período de tiempo del docente, describe y analiza los cambios conceptuales, procedimentales y actitudinales generados a partir de la introducción de programas orientados hacia su actuación. Así pues, se puede observar cómo las circunstancias—en este caso las explicaciones—presentan eventuales transformaciones con el paso del tiempo (Gómez y Roquet, 2012; Rabadán y Flor, 1998).

Al igual que la investigación de Cuéllar (2010), en este proyecto se considera importante el carácter longitudinal del estudio de caso porque permite describir, caracterizar y comprender las explicaciones dadas por los PCNE basadas en la historia de la ciencia.

3.1.2 El estudio de caso.

De acuerdo con Stake (2007), el método de estudio de casos es una estrategia metodológica de investigación científica muy pertinente en las investigaciones de carácter socioeducativo orientadas desde el paradigma cualitativo. Según Guba & Lincoln (1981) el estudio de casos se refiere al análisis completo e intensivo de un tema que tiene lugar a lo largo del tiempo en un determinado contexto. Su propósito es el estudio intensivo y profundo de uno o más casos de un fenómeno en particular, donde el investigador trata de observar y comprender al sujeto desde una perspectiva holística en su contexto, centrándose en su particularidad y en lo que tiene en común con otros casos. En esa medida, el estudio de caso precisa un proceso de indagación sistemático, caracterizado por el análisis comprehensivo, detallado y en profundidad del caso objeto de investigación.

Es conveniente considerar que el estudio de caso cuenta con unas características particulares. Al respecto, Pérez (2004) lo describe como: *a) particularista* dado que se centra en una situación o fenómeno particular; *b) descriptivo* porque presenta una descripción importante, densa del objeto de estudio de acuerdo a su complejidad; *c) heurístico* debido a que puede posibilitar el descubrimiento de nuevo conocimiento, ampliarlo o confirmarlo; *d) inductivo*, ya que las generalizaciones, las hipótesis y los conceptos surgen del análisis de los datos en el mismo contexto.

Por su parte, Martínez y Musitu (1995) señalan otras características del estudio de caso: *a)* supone un ejemplo de una situación particular que se encuentra delimitada en un contexto definido y situada en un marco teórico determinado; *b)* requiere un examen holístico, intensivo y

sistemático para su comprensión; *c*) implica la obtención de información desde múltiples perspectivas; *d*) considera las variables que definen el contexto espaciotemporal de la situación a estudiar; *e*) concibe la situación como el producto de unas interacciones que hacen que su naturaleza sea activa y no estática; y *f*) se dirige no sólo a generar descubrimientos sino a proponer iniciativas de acción.

Martínez (2006) refiere que en el método de estudio de caso es viable recurrir a diversas fuentes para el acopio de la información—tanto cualitativa como cuantitativa—con el fin de describir, verificar, explicar o generar teoría. En tanto que Sandín (2003) afirma que el estudio de caso se caracteriza por ser una metodología que permite conocer cómo y por qué ocurren determinados fenómenos, al estudiarlos desde múltiples perspectivas y explorarlos a profundidad con el fin de construir conocimiento.

Esta investigación utiliza el estudio de caso por cuanto permite realizar la caracterización y el análisis de la explicación científica escolar dada por los PCNE de manera sistemática y exhaustiva.

3.1.3 Etapas de la investigación.

En esta sección se describen las cuatro etapas de la investigación a partir de las cuales es posible dar sentido a la auténtica naturaleza del objeto de estudio, con el análisis de la riqueza y la profundidad de las explicaciones dadas por los docentes en el aula escolar (Quintanilla, 2007), a saber, la diagnosis, la formación, el diseño e intervención y la implementación.

Al respecto van Manen (2003), afirma que:

El investigador deviene en cierto sentido guardián y defensor de la auténtica naturaleza del objeto. Quiere mostrarlo, descubrirlo, interpretarlo y, a la vez, serle fiel, consciente de que la persona puede ser fácilmente engañada, confundida o fascinada por elementos ajenos. "Subjetividad" significa que hay que ser tan perspicaz, intuitivo y agudo como sea posible para mostrar o descubrir el objeto de estudio en toda su riqueza y mayor profundidad. (p. 38)

A. Etapa I. Diagnosis

A partir de la aplicación de 2 cuestionarios de carácter exploratorio, se realiza el muestreo teórico para la conformación de la CODEP. Posteriormente, se registra en audio y video la observación no participante de dos clases de los docentes que conforman el grupo de casos, con el fin de establecer la línea de base de la investigación dada por la caracterización de la explicación científica escolar de los PCNE de la Institución Educativa Municipal Libertad.

B. Etapa II. Formación

En esta parte de la investigación se realiza la formación docente a partir del estudio del caso histórico consignado en el libro *La historia química de una vela* de Faraday (2004) y la explicación científica escolar como acto ilocucionario utilizando como estrategia metodológica los talleres de formación docente.

C. Etapa III. Diseño e intervención

En este punto de la investigación se elabora el diseño de la secuencia didáctica explicativa para desarrollar el fenómeno de la combustión en el aula escolar haciendo uso de la historia de la ciencia. Se hace seguimiento al diseño de la explicación en las sesiones de los talleres de formación docente y se interviene en la redefinición del diseño.

D. Etapa IV. Implementación

Finalmente, se hace el seguimiento y el análisis a la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión dada por el grupo de casos de docentes que conforman la CODEP a través de la observación no participante de las sesiones de clase.

En la Tabla 4 se representan las etapas del diseño metodológico.

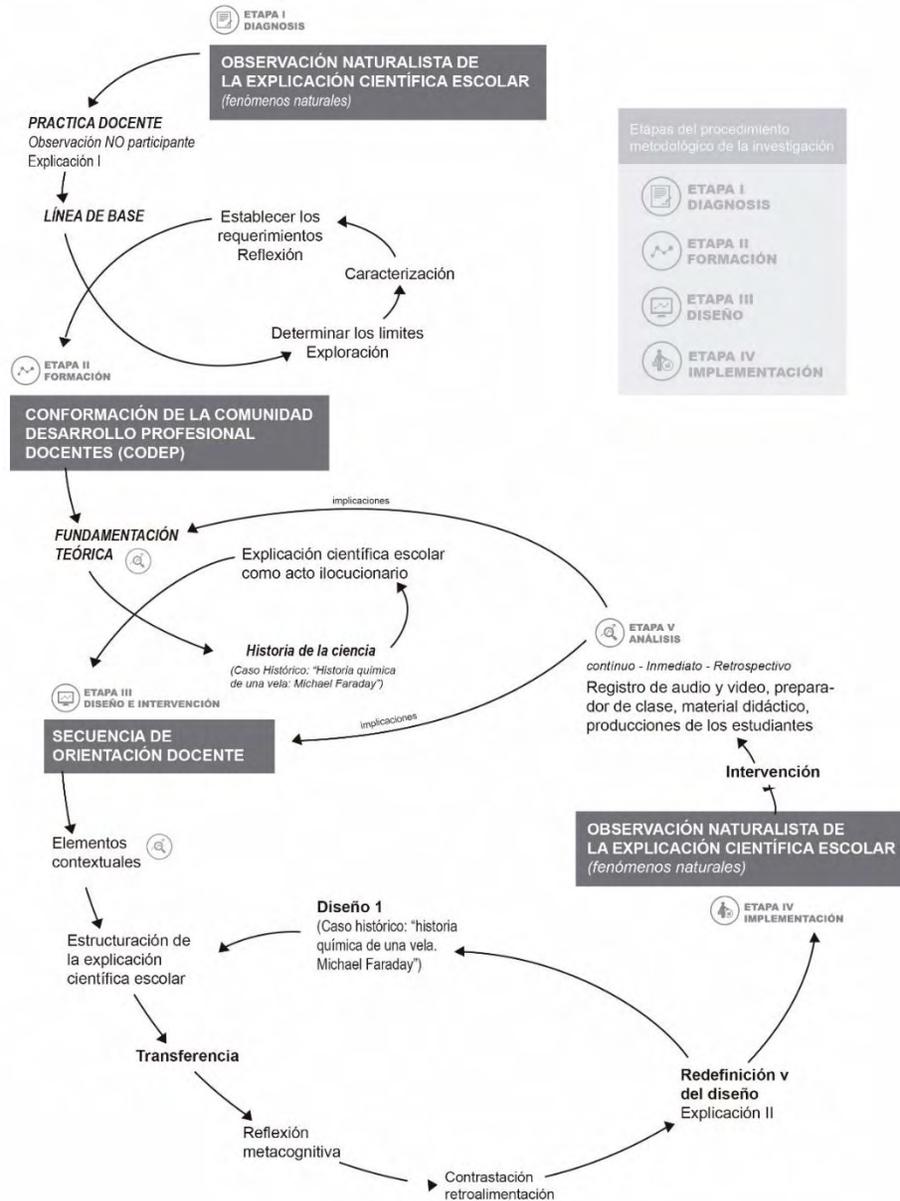
Tabla 4 *Etapas del diseño metodológico*

Etapa	Instrumentos	Actividades
Diagnosis	Instrumento exploratorio explicación Instrumento exploratorio sobre historia de la ciencia Instrumento exploratorio estudiantes Observación de clase	Establecer la línea de base de la investigación, seleccionar el grupo de caso y caracterizar las explicaciones de los docentes.
Formación	Talleres de formación docente	Capacitar a los docentes de la CODEP en historia de la ciencia como una opción didáctica para la explicación de la ciencia en el aula, historia química de una vela y explicación científica escolar como acto ilocucionario.
Diseño e Intervención	Talleres de formación docente Reflexiones individuales Reflexiones grupales	Articular el caso histórico en el diseño de la secuencia explicativa para la explicación del fenómeno de la combustión en el aula escolar.
Implementación	Observación de clase Reflexiones individuales Reflexiones grupales	Analizar el diseño de la explicación de los docentes después del proceso de formación en la CODEP.

Elaboración propia. Resultado de la investigación

En la Figura 8 se representan las etapas del proceso de investigación:

Figura 8 *Esquema del procedimiento metodológico de la investigación*



Elaboración propia. Resultado de la investigación

3.1.4 Población y muestra.

3.1.4.1 Unidad de análisis.

En esta investigación la población se conformó por los 15 docentes de educación básica secundaria y media del área de ciencias naturales y educación ambiental de la Institución Educativa Municipal Libertad, quienes se desempeñan como docentes tiempo completo con

asignación académica en las asignaturas de ciencias naturales, biología, química, y física (véase Tabla 5).

Los 15 docentes participaron en el desarrollo de un cuestionario con carácter exploratorio con el fin de recoger información en torno a las ideas previas de los docentes de ciencias naturales y educación ambiental en ejercicio con respecto a *a*) la explicación científica, *b*) la explicación científica escolar y *c*) la explicación del fenómeno de combustión de una vela.

Posteriormente, se aplicó el instrumento exploratorio sobre formación docente en historia de la ciencia con el propósito de identificar las ideas respecto al uso de la historia de la ciencia en el contexto escolar.

Tabla 5 *Caracterización de los participantes en el desarrollo del cuestionario inicial*

	Caracterización	Frecuencia	Porcentaje
Género	Masculino	8	53.33
	Femenino	7	46.67
Carácter de la Institución	Público	15	100.00
Edad	Entre 25 y 29 años	3	20.00
	Entre 30 y 34 años	2	13.33
	Entre 35 y 39 años	3	20.00
	Entre 40 y 44 años	4	26.67
	Mayores de 44 años	3	20.00
Tiempo de experiencia docente	Entre 1 y 5 años	3	20.00
	Entre 6 y 10 años	2	13.33
	Entre 11 y 15 años	1	6.67
	Entre 16 y 20 años	2	13.33
	Más de 20 años	7	46.67
Pregrado	Licenciado en química	3	20.00
	Licenciado en física	3	20.00
	Licenciado en biología	5	33.33
	Otras profesiones	4	26.67
Universidad en la cual estudio	Universidad de Nariño	12	80.00
	Universidad Mariana	1	53.33
	Otra	2	46.67

Elaboración propia. Resultado de la investigación

3.1.4.2 Unidad de trabajo.

La selección de la muestra para la investigación se realizó a través de muestreo teórico (Glaser & Strauss, 1967) para establecer las categorías emergentes del estudio y la profundización en la comprensión de los objetivos de la investigación. En este sentido, la selección de la unidad de trabajo es intencionada y sigue los siguientes criterios Jara (2012):

- A. *Criterio curricular*: docentes que tengan asignación académica en las asignaturas de biología, química y física en el nivel de básica secundaria y media vocacional.
- B. *Criterio administrativo*: docentes que deseen participar en el proceso de investigación, realizar el diseño y la implementación de la explicación del fenómeno de la combustión de la vela.
- C. *Criterio operacional*: disposición de tiempo para participar en el proceso de investigación.

Según Patton (1990) estos criterios corresponderían al *criterio de intensidad* que establece la importancia de la participación, el compromiso y el desempeño de los docentes participantes y al *criterio de convivencia* que se refiere al fácil acceso para la participación en el proyecto de investigación.

En consecuencia, el muestreo teórico permite seleccionar casos o grupos de casos con criterios específicos de acuerdo con la relevancia de la información obtenida a partir del análisis de cada caso, por lo tanto:

El muestreo teórico es el proceso de recogida de datos para generar teoría por medio del cual el analista recoge, codifica y analiza sus datos conjuntamente y decide qué datos recoger después y dónde encontrarlos, para desarrollar su teoría a medida que surge. Este proceso de teoría está controlado por la teoría emergente. (Glaser & Strauss, 1967, citados por Flick, 2012, p. 78)

En esta investigación se realizó la selección de un grupo de cinco casos a partir del análisis de los instrumentos de carácter exploratorio como representa la Figura 9:

Figura 9 *Proceso de selección del grupo de casos*



Elaboración propia. Resultado de la investigación

Cabe añadir que un factor clave en la selección del grupo de casos es el análisis de las diferencias y similitudes en la información obtenida en el cuestionario con el fin de establecer las categorías y las posibles interrelaciones entre los datos generados. Por un lado, al minimizar las diferencias, se logra establecer información de carácter similar que conduce a identificar las categorías con los posibles descriptores y su jerarquización. Por otro lado, al maximizar las diferencias se obtiene una mayor variedad en los datos que obligan a delimitar el alcance de la investigación (Glaser & Strauss, 1967).

3.1.4.3 Caracterización del grupo de casos.

Los cinco docentes del grupo de casos son profesores titulares del área de ciencias naturales y educación ambiental de la Institución Educativa Municipal Libertad y su caracterización se detallada en la Tabla 6:

Tabla 6 Caracterización del grupo de casos

Nombre del Docente	Años de experiencia docente	Áreas de desempeño	Año de titulación	Universidad	Grados en los cuales se desempeña	Jornada
PCNE01	25	Química	1991	Nariño	8-9-10-11	Tarde
PCNE02	20	Química	1991	Nariño	6-9-11	Mañana
PCNE03	25	Física	1990	Nariño	9-10	Mañana
PCNE04	25	Química	1991	Nariño	10-11	Mañana
PCNE05	3	Biología	2014	Nariño	6 a 11	Mañana

Elaboración propia. Resultado de la investigación

3.1.5 Comunidades de desarrollo profesional.

De acuerdo con Grossman et al. (2001) la formación docente y el desarrollo intelectual continuo de los profesores sólo son posibles a través del diálogo orientado por la reflexión crítica sobre la práctica docente en un espacio de interacción con el otro, denominado CODEP.

Las CODEP son definidas por García-Martínez (2009):

como un grupo de profesores que se reconocen como profesionales de la educación, los cuales participan en discusiones críticas y reflexivas para la toma de decisiones en torno a su objeto de estudio, la enseñanza y el aprendizaje en su aula (e institución) y otros procesos que allí se desarrollan y que las condicionan. Esta comunidad comparte poco a poco ciertas prácticas y referentes que se van construyendo como producto de esta dinámica, que la definen y retroalimentan. (p. 57)

En el trabajo de investigación se pretende conformar con el grupo de casos una CODEP para la formación y el diseño de actividades de aula haciendo uso de la historia de la ciencia al realizar la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión de una vela a partir del estudio del caso histórico desarrollado por Faraday (2004) en su obra *La historia química de una vela*. El interés investigativo se centra pues en el análisis, la reflexión y el trabajo en equipo en

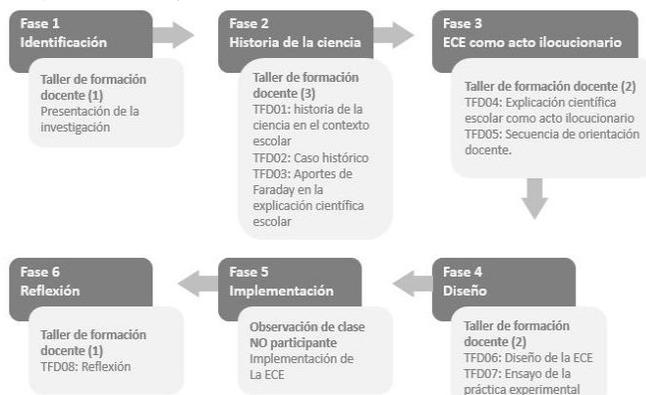
torno a este caso histórico constituido en un soporte teórico para la explicación de este fenómeno (Grossman et al., 2001).

Es así como, a partir del análisis del caso histórico, se pretende derivar la pregunta de contenido y las proposiciones como ideas estructurantes para orientar la explicación científica escolar a través del diseño y desarrollo de estrategias didácticas que posibiliten otras maneras de realizar la explicación científica en el aula de clase.

La CODEP se conforma por el grupo de casos (cinco PCNE) con los propósitos de *a)* estudiar y analizar el caso histórico seleccionado; *b)* diseñar herramientas didácticas para la explicación del fenómeno de la combustión articulada a la historia de la ciencia e *c)* implementar estrategias didácticas en el aula de clase. La investigadora lidera la coordinación de la CODEP (véase Figura 10) a partir de los talleres de formación docente y el desarrollo las siguientes fases:

- A. *Fase 1:* Identificación de los propósitos de la investigación.
- B. *Fase 2:* Estudio de la historia de la ciencia en el contexto escolar, lectura de la obra La historia química de una vela (Faraday, 2004) e identificación de los aportes de su autor en la explicación científica escolar.
- C. *Fase 3:* Fundamentación teórica a partir de la explicación científica escolar como acto ilocucionario y la estrategia de formación docente.
- D. *Fase 4:* Diseño de la explicación haciendo uso de la historia de la ciencia.
- E. *Fase 5:* Implementación de las estrategias didácticas.
- F. *Fase 6:* Reflexión del proceso de formación, diseño e implementación.

Figura 10 Fases de la CODEP y talleres de formación docente



Elaboración propia. Resultado de la investigación

3.1.6 Taller de formación docente.

De acuerdo con Cuéllar (2010) los talleres de formación docente son espacios de formación teórica diseñados a partir de las temáticas de la investigación, que se desarrollan de manera periódica en sesiones establecidas de acuerdo con los objetivos planteados en la investigación. Los talleres de formación docente, tienen tres elementos fundamentales:

- A. *Fundamentación teórica.* En este momento del taller se presentan las bases teóricas que sustentan el diseño de clase a partir de la lectura y el análisis de textos seleccionados para abordar las temáticas historia de la ciencia y explicación científica escolar.
- B. *Análisis y reflexión.* En esta instancia se prioriza la participación de los PCNE en torno al análisis de la temática desarrollada en el taller. Este espacio se constituye en una herramienta para reconstruir las participaciones individuales más apropiadamente (Flick, 2012).
- C. *Evaluación.* Durante este momento los participantes del taller realizan la evaluación de la sesión teniendo en cuenta la estructura de las temáticas presentadas, los aportes que se pueden derivar de la experiencia vivida en la formación docente y la autoevaluación.

En los talleres con el grupo de casos se abordaron la historia de la ciencia y la explicación científica escolar como acto ilocucionario como temáticas centrales. Se desarrollaron 20 sesiones de dos horas cada una. A partir de estos talleres se realizó la transcripción de las sesiones, la selección de los hechos relevantes del caso histórico, el diseño de la explicación científica escolar, la estructuración de la práctica experimental, la implementación del diseño explicativo y la reflexión sobre el proceso.

El análisis de los talleres se fundamenta en los datos obtenidos de los momentos de análisis y reflexión, y evaluación; se aplica como técnica el análisis del discurso de las redes semánticas obtenidas del procesamiento de los datos en el programa *Atlas ti 7.1*. Así, se identifican las ideas más representativas en cada sesión del taller y se reconstruye la compleja red de significados que los docentes pueden dar a las temáticas presentadas en los talleres.

En los talleres de formación docente dedicados al diseño de la explicación científica escolar se sigue el modelo teórico de la estrategia de formación docente. Es preciso aclarar que en la estrategia de formación docente se cambia la etapa de evaluación por reflexión metacognitiva, al considerar fundamental la capacidad de reflexionar sobre el propio proceso explicativo dentro del diseño e implementación de la explicación. En la Figura 11 aparecen las etapas que se establecieron para la estrategia de formación docente:

Figura 11 *Etapas de la estrategia de formación docente*



Elaboración propia. Resultado de la investigación

Con base en la secuencia didáctica, los docentes diseñaron la planeación de clase. Cabe resaltar la participación de los PCNE en la CODEP en la etapa del diseño e intervención que evidencia el compromiso en la etapa de formación.

3.1.6.1 Diseño de los talleres de formación docente.

A. *Taller de formación docente 1: Historia de la ciencia. Aportes para la enseñanza de las ciencias en el aula escolar* (Tabla 7).

Tabla 7 *Taller de formación docente 1*

Sesión:	1
Número de horas:	6
Objetivo:	Reflexionar con los docentes de la CODEP la importancia de la articulación de la historia de la ciencia en el contexto escolar.
Fundamentación teórica:	<ul style="list-style-type: none"> – Introducción a la historia de la ciencia. – La historia de la ciencia en la enseñanza tradicional. – Aportes de la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. – La práctica experimental. – Retos al incluir la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias en el aula. – Propuestas para el uso de la historia de la ciencia.
Actividades propuestas:	<ul style="list-style-type: none"> – Saludo. – Motivación: presentación y reflexión sobre la cita: El examen de los pasos a través de los cuales llegaron nuestros antepasados a nuestro estado intelectual... puede enseñarnos cómo mejorar y aumentar nuestro bagaje...y proporcionarnos alguna indicación sobre el modo más prometedor de dirigir nuestros esfuerzos en el futuro, de modo que lo engrandezcamos y completemos. (Kragh, 2007, p. 15) – Socialización de la presentación en Power Point “Historia de la ciencia en el contexto escolar” (véase Anexo 6).

	<ul style="list-style-type: none"> – Lectura del “Capítulo III: Historia, filosofía, didáctica de las ciencias y prácticas de aula. Una propuesta para re-pensar la enseñanza de la química” (Izquierdo et al. 2016, pp. 67-91).
Elementos para el análisis y la reflexión:	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Qué historia de la ciencia enseñar? – ¿Cómo enseñar la historia de la ciencia en el contexto escolar? – ¿Cuáles son los aportes de la historia de la ciencia en la enseñanza?

Elaboración propia. Resultado de la investigación

B. Taller de formación docente 2: Historia química de una vela (Tabla 8).

Tabla 8 Taller de formación docente 2

Sesión:	2
Número de horas:	10
Objetivo:	Presentar el libro: <i>La historia química de una vela</i> de Michael Faraday (2004) como caso histórico para la articulación en la explicación de la ciencia escolar.
Fundamentación teórica:	<ul style="list-style-type: none"> – Lectura de documentos históricos como casos de la historia de la ciencia. – Historia química de una vela.
Actividades propuestas:	<ul style="list-style-type: none"> – Saludo. – Motivación: Presentación de una vela encendida y reflexión a partir de la pregunta ¿qué hace una vela encendida en un taller sobre historia de la ciencia? – Lectura de las conferencias del libro. – Socialización de las conferencias del libro. Presentación en Power Point “Caso histórico: Historia química de una vela” (véase Anexo 7). – Presentación de los videos “Michael Faraday's The Chemical History of a Candle” de Hammack (2016). – Reflexión.
Elementos para el análisis y la reflexión:	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Qué aspectos relevantes e interesantes encuentra en el libro <i>La historia química de una vela</i>? – ¿Es posible articular algunos elementos de las conferencias en la explicación de la ciencia en el aula? ¿Cómo?

Elaboración propia. Resultado de la investigación

C. Taller de formación docente 3: Faraday: un hombre de ciencia (Tabla 9).

Tabla 9 Taller de formación docente 3

Sesión:	2
Número de horas:	2
Objetivo:	Identificar los aportes de Faraday en la explicación científica escolar.
Fundamentación teórica:	<ul style="list-style-type: none"> – Biografía de Michael Faraday. – Aportes de Faraday en la explicación científica escolar.
Actividades propuestas:	<ul style="list-style-type: none"> – Saludo. – Motivación: lectura del texto “Aportes de Faraday en la explicación científica escolar”. – Presentación en Power Point “Faraday: un hombre de ciencia” (véase Anexo 8). – Reflexión.
Elementos para el análisis y la reflexión:	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Cuáles son los aportes de Faraday para la explicación de la ciencia en el aula?

Elaboración propia. Resultado de la investigación

D. *Taller de formación docente 4: Explicación científica escolar como acto ilocucionario* (Tabla 10).

Tabla 10 *Taller de formación docente 4*

Sesión:	2
Número de horas:	2
Objetivo:	Reconocer la explicación científica escolar como un acto de comunicación ilocutivo.
Fundamentación teórica:	<ul style="list-style-type: none"> – Acto de comunicación ilocutivo. – Peter Achinstein y la naturaleza de la explicación científica. – La explicación científica escolar como acto ilocucionario.
Actividades propuestas:	<ul style="list-style-type: none"> – Saludo. – Motivación: presentación de la bibliografía de Peter Achinstein. – Presentación en Power Point “Explicación científica escolar como acto ilocucionario” (véase Anexo 9). – Reflexión.
Elementos para el análisis y la reflexión:	<ul style="list-style-type: none"> – ¿Por qué es posible considerar la explicación científica escolar como un acto ilocucionario? – ¿Cuáles considera que son los momentos más importantes durante el acto explicativo? – ¿Qué aportes puede tener para la explicación científica escolar la explicación como acto ilocucionario?

Elaboración propia. Resultado de la investigación

E. *Taller de formación docente 5: Estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar* (Tabla 11).

Tabla 11 *Taller de formación docente 5*

Sesión:	2
Número de horas:	2
Objetivo:	Identificar las etapas de la estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar.
Fundamentación teórica:	– Estrategias de formación docente.
Actividades propuestas:	<ul style="list-style-type: none"> – Saludo. – Motivación: lectura del texto Algunas orientaciones para enseñar ciencias naturales en el marco del nuevo enfoque curricular (Marzábal, 2011). – Presentación en Power Point “Estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar” (véase Anexo 11). – Diseño de la explicación científica escolar. – Reflexión.
Elementos para el análisis y la reflexión:	– ¿Cuáles son sus observaciones con respecto a la estrategia de formación docente presentada?

Elaboración propia. Resultado de la investigación

F. *Taller de formación docente 6: Diseño de la explicación científica escolar* (Tabla 12).

Tabla 12 *Taller de formación docente 6*

Sesión:	2
Número de horas:	14
Objetivo:	Diseño de la explicación científica escolar haciendo uso de la historia de la

	ciencia.
Fundamentación teórica:	<ul style="list-style-type: none"> – Caso histórico. – Estrategia de formación docente.
Actividades propuestas:	<ul style="list-style-type: none"> – Saludo. – Diseño de la explicación científica escolar (elementos contextuales, estructuración, transferencia, reflexión metacognitiva).
Elementos para el análisis y la reflexión:	– ¿Cuáles son las actividades de aula, que considera pertinente formular en las diferentes etapas de la estrategia de formación docente?

Elaboración propia. Resultado de la investigación

Es importante resaltar que durante el desarrollo de los talleres de formación docente para el diseño de la explicación, los PCNE solicitaron—de manera unánime—realizar un taller para el ensayo de las prácticas experimentales y la preparación del laboratorio. Este aspecto, por un lado, evidencia el compromiso de los docentes participantes en el proceso de la investigación y, por el otro, aportó elementos sustanciales para el análisis de la información.

G. Taller de formación docente 7: Ensayo (Tabla 13).

Tabla 13 *Taller de formación docente 7*

Sesión:	2
Número de horas:	2
Objetivo:	Organizar los materiales y reactivos necesarios para la práctica experimental propuesta en el diseño de la explicación.
Fundamentación teórica:	– Diseño de clase.
Actividades propuestas:	<ul style="list-style-type: none"> – Saludo. – Organización de la práctica experimental. – Ensayo de la práctica experimental. – Ajustes al diseño experimental.
Elementos para el análisis y la reflexión:	– ¿Qué ajustes se deben hacer al diseño de la práctica experimental?

Elaboración propia. Resultado de la investigación

H. Taller de formación docente 8: Reflexión (Tabla 14).

Tabla 14 *Taller de formación docente 8*

Sesión:	2
Número de horas:	2
Objetivo:	Reflexionar sobre el proceso del diseño e implementación de la explicación científica escolar.
Fundamentación teórica:	– Estrategia de formación docente.
Actividades propuestas:	<ul style="list-style-type: none"> – Saludo. – Taller de reflexión.
Elementos para el análisis y la reflexión:	<ul style="list-style-type: none"> – Aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar. – Diseño de la explicación. – Implementación. – Limitaciones y alcances.

Elaboración propia. Resultado de la investigación

3.1.7. Instrumentos.

En esta sección se presentan los instrumentos utilizados para la recolección de información proveniente de los diferentes ámbitos de análisis de la investigación identificados como explicación científica escolar, talleres de formación docente e implementación de la explicación diseñada en el aula. En la Tabla 15 se presentan las técnicas o instrumentos para la recolección de información y los métodos de análisis en correlación con las preguntas y los objetivos de investigación.

Tabla 15 Ámbitos de análisis e instrumentos propuestos para la investigación

Preguntas de investigación	Objetivos de investigación	Técnicas o instrumentos	Método de análisis
¿Cómo son las explicaciones que realizan los PCNE sobre fenómenos naturales en el aula escolar?	Caracterizar las explicaciones que dan los PCNE sobre los fenómenos naturales en el aula escolar.	Encuesta inicial aplicada a docentes	Análisis de frecuencias Análisis de contenido Redes semánticas
		Encuesta inicial aplicada a estudiantes	Análisis de contenido Redes semánticas
		Observación de clase NO participante	Análisis de discurso Redes semánticas
¿Qué diseño de actividades de aula generan los PCNE haciendo uso de la historia de la ciencia al explicar fenómenos naturales en el aula escolar, luego del proceso de formación en la CODEP?	Analizar el diseño de actividades de aula que generan los PCNE haciendo uso de la historia de la ciencia al explicar fenómenos naturales después de participar del proceso de formación en la CODEP.	Cuestionario sobre historia de la ciencia	Análisis de frecuencias Análisis de contenido Redes semánticas
		Registro de los talleres de formación docente	Análisis de contenido Análisis de discurso Redes semánticas
		Producción escrita	Análisis de contenido Redes semánticas
		Grabación de audio	Análisis de discurso Redes semánticas
		Diseño de clase	Análisis de contenido Redes semánticas
		Diseño práctica experimental	Análisis de contenido Redes semánticas
¿Cómo son las explicaciones sobre fenómeno naturales, cuando el PCNE incorpora la historia de la ciencia en sus intervenciones en el aula escolar?	Estudiar las explicaciones sobre el fenómeno de la combustión cuando el PCNE incorpora la historia de la ciencia en sus intervenciones en el aula escolar.	Observación de clase NO participante	Análisis de discurso Redes semánticas
		Producción escrita de los estudiantes	Redes semánticas

Elaboración propia. Resultado de la investigación

En consecuencia, los datos que se derivan de la recolección de información se analizan a través de redes semánticas. El término de redes semánticas fue acuñado por Quillian (1968) para relacionar el significado de las palabras en la memoria individual y generar una posible memoria computacional. A pesar de que el investigador reconoce que la emulación computacional no es idéntica, puede establecerse una analogía *similar* con la explicación de la mente social o

individual de donde proviene. El investigador realiza un ejercicio interpretativo o de *traducción* entre el lenguaje no técnico de la vida cotidiana y el lenguaje técnico científico (Vera-Noriega, Pimentel y Batista de Albuquerque (2005).

En el presente estudio se aplica el método considerando el estímulo inicial, es decir, el concepto del cual se desprenden ideas y esquemas mentales, en este caso, el estímulo inicial es la historia de la ciencia en la explicación científica escolar. Un segundo momento corresponde al análisis en el cual se realiza la categorización o codificación de la información procurando aproximarse al significado común que se deriva de las respuestas de los participantes. Estos códigos se relacionan entre sí por a) el grado de *tipicidad o atipicidad* de la información, b) las asociaciones directas o indirectas c) la afinidad con otros elementos de la red.

El resultado del análisis es una representación gráfica de los códigos y sus relaciones. En primera instancia, las redes semánticas se obtienen una por cada instrumento. Luego, se obtendrá una red por cada objetivo de la investigación. Las Tablas 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22 exponen las fichas de los instrumentos descritos.

Tabla 16 *Ficha 1. Instrumento exploratorio explicación*

Ficha del instrumento	
Nombre	Instrumento exploratorio docentes
Objetivo	Indagar sobre las ideas que tienen los profesores con respecto a la explicación, explicación científica, explicación científica escolar y fenómeno de la combustión.
Descripción	El cuestionario que se aplicó consta de 2 dimensiones: a. ideas de los docentes encuestados sobre explicación, explicación científica, y explicación científica escolar: En esta dimensión se plantean 3 preguntas abiertas y b. explicación del fenómeno de la combustión. Para esta dimensión se formuló 1 pregunta abierta.
Participantes	15 docentes del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Institución Educativa Municipal Libertad.
Validación	La encuesta fue construida durante la pasantía internacional en la Universidad Pontificia Católica de Chile con la asesoría y validación del doctor Mario Quintanilla. Experto en didáctica de las ciencias naturales (véase Anexo 4).
Proceso de aplicación	Se convocó a los docentes a reunión de área. Se presenta el proyecto de investigación y se realiza la firma del consentimiento informado (véase Anexo 2). Se entrega el cuestionario y se desarrolla.
Análisis	Para el análisis de la información se conforma una base de datos con la información de los PCNE. Se realiza la caracterización de la población de la investigación y se efectúa el análisis de las redes semánticas para la selección del grupo de casos a través de muestreo teórico.

Elaboración propia. Resultado de la investigación

Tabla 17 *Ficha 2. Instrumento exploratorio historia de la ciencia*

Ficha del instrumento	
Nombre	Instrumento exploratorio historia de la ciencia
Objetivo	Indagar sobre la formación de los docentes en historia de la ciencia y las ideas de los docentes

	con respecto al uso de la historia de la ciencia en el contexto escolar.
Descripción	El cuestionario que se aplicó consta de 2 dimensiones: a. Aspectos sobre la formación docente: en esta dimensión se realizan 4 preguntas con 5 opciones de respuesta cada una. b. Un cuestionario tipo Likert con 15 preguntas sobre historia de la ciencia en el contexto escolar.
Participantes	15 docentes del área de ciencias naturales y educación ambiental de la Institución Educativa Municipal Libertad.
Validación	El instrumento fue validado por: – José María García Garduño, Doctor en Administración Educativa, Ohio University. – Mario Roberto Quintanilla Gatica, Doctor en Ciencias de la Educación Mención Didáctica de las Ciencias Experimentales y la Matemática, Universidad de Barcelona. El instrumento fue utilizado en investigaciones realizadas por Quintanilla y Merino (2008) y Oñate, Saavedra y Spolmann (2011).
Proceso de aplicación	Los docentes fueron convocados a reunión de área. Se llevó a cabo la presentación del instrumento y su finalidad para, posteriormente, aplicarlos.
Análisis	Se realiza la caracterización de la población de la investigación y se efectúa el análisis de las redes semánticas para la selección del grupo de casos a través de muestreo teórico.
Elaboración propia. Resultado de la investigación	

Tabla 18 Ficha 3. *Instrumento exploratorio estudiantes*

Ficha del instrumento	
(véase Anexo 5)	
Nombre	Instrumento exploratorio estudiantes
Objetivo	Indagar sobre las ideas que tienen los estudiantes respecto a la explicación de los profesores de ciencias naturales en el aula escolar e identificar las ideas explicativas sobre el fenómeno de la combustión.
Descripción	El cuestionario que se aplicó consta de 2 dimensiones con una pregunta abierta cada una.
Participantes	Estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Municipal Libertad.
Validación	La encuesta fue construida durante la pasantía internacional en la Universidad Pontificia Católica de Chile con la asesoría y validación del Doctor Mario Quintanilla Gatica, experto en Didáctica de las Ciencias Naturales.
Proceso de aplicación	Se seleccionaron dos grados décimos, uno de la jornada mañana y, el otro, de la jornada tarde. En primera instancia, se presentaron los objetivos de la investigación y, a continuación, se leyeron las instrucciones del instrumento y se solicitó a los estudiantes que resolvieran el cuestionario.
Análisis	El análisis se efectúa a través de redes semánticas.
Elaboración propia. Resultado de la investigación	

Tabla 19 *Ficha 4. Observación de clase*

Ficha del instrumento	
Nombre	Observación de clase NO participante
Objetivo	Realizar el registro de las explicaciones dadas en clase.
Descripción	La pauta de observación de clase tiene en cuenta 4 dimensiones: elementos contextuales, estructuración, transferencia y reflexión metacognitiva. A partir de estos elementos se realizó la caracterización de la explicación científica escolar.
Participantes	Docentes de la CODEP.
Proceso de aplicación	En la etapa de la diagnosis: <i>a)</i> se seleccionaron cinco docentes para la conformación del grupo de casos, quienes, a su vez, consolidaron la CODEP; <i>b)</i> se observaron tres sesiones de clases iniciales por docente, con su correspondiente registro fílmico; y <i>c)</i> se transcribió la información recogida.

	En tanto, en la etapa de implementación se realizó el registro filmico de las explicaciones dadas por los PCNE a la explicación del fenómeno de la combustión de una vela. El número de horas de clases dependió del diseño de la secuencia explicativa.
Análisis	Para el análisis de la información: <i>a)</i> en la etapa de diagnóstico, se obtuvo un perfil inicial de la explicación de la primera observación de clase; <i>b)</i> en la fase de implementación, se obtuvo un perfil final de la explicación en la segunda información y, finalmente, <i>c)</i> se efectuó la contrastación de los perfiles obtenidos.
Elaboración propia. Resultado de la investigación	

Tabla 20 *Ficha 5. Talleres de formación docente*

Ficha del instrumento		(véase Anexos 6, 7, 8, 11 Primera Parte y 13)
Nombre	Talleres de formación docente	
Objetivo	Realizar el registro del proceso de formación docente y el diseño de la secuencia explicativa.	
Descripción	Los talleres de formación docente se desarrollaron en tres momentos: <i>a)</i> fundamentación teórica, <i>b)</i> análisis y reflexión y <i>c)</i> evaluación. Para los talleres de formación docente en los cuales se hace diseño, se utilizaron las categorías: elementos contextuales, estructuración, transferencia y reflexión metacognitiva. Se hizo el registro filmico y la transcripción de cada taller.	
Participantes	Docentes de la CODEP.	
Proceso de aplicación	Con los docentes de la CODEP se programaron reuniones para desarrollar ocho sesiones de los talleres de formación docente: a. La historia de la ciencia en el contexto escolar. b. Caso histórico: Historia química de una vela. c. La explicación científica escolar como acto ilocucionario. d. Aportes de Faraday en la explicación científica escolar. e. Estrategia de formación docente. f. Diseño de la explicación científica escolar. g. Ensayo de la práctica experimental. h. Reflexión. Durante las sesiones del taller, se realizó: <i>a)</i> la fundamentación teórica con la lectura de los documentos seleccionados y presentaciones en Power Point; <i>b)</i> el análisis y la reflexión del contenido y, finalmente, <i>c)</i> se evaluó el taller.	
Análisis	Para el análisis de la información se establecen las redes semánticas de acuerdo con las categorías establecidas en la matriz de valoración la cual fue sometida a validación por parte de: – Valeria M. Cabello González, Doctora en Psicología Educativa Aplicada a la Educación, Universidad de Dundee. – José María García Garduño, Doctor en Administración Educativa, Ohio University. – Mario Roberto Quintanilla Gatica, Doctor en Ciencias de la Educación Mención Didáctica de las Ciencias Experimentales y la Matemática, Universidad de Barcelona.	
Elaboración propia. Resultado de la investigación		

Tabla 21 *Ficha 6. Producciones escritas*

Ficha del instrumento		(véase Anexo 11 Segunda Parte)
Nombre	Producciones escritas	
Objetivo	Realizar el registro de las anotaciones realizadas por los profesores en el estudio del caso	

	histórico.
Descripción	Cada docente de la CODEP recibió el libro <i>La historia química de una vela</i> de Faraday (2004) para su lectura y análisis. Algunos realizaron anotaciones en el libro que, posteriormente, se escanearon para su análisis.
Participantes	Los docentes del grupo de caso seleccionaron los hechos relevantes e interesantes del caso histórico. Con base en estos hechos, se planeó una presentación y se seleccionaron los elementos contextuales para el diseño de la explicación científica escolar.
Proceso de aplicación	Con los docentes de la CODEP.
Análisis	Para el análisis de la información se establecieron las redes semánticas de acuerdo con las categorías establecidas en la matriz de valoración.
Elaboración propia. Resultado de la investigación	

Tabla 22 *Ficha 7. Plan de clase*

Ficha del instrumento		(véase Anexo 12 A)
Nombre	Plan de clase	
Objetivo	Evidenciar el diseño de la explicación científica escolar de los PCNE del grupo de caso.	
Descripción	Los docentes diseñaron la explicación del fenómeno de la combustión con base en los cuatro momentos propuestos en la secuencia explicativa: elementos contextuales, estructuración, transferencia y reflexión metacognitiva.	
Participantes	Docentes de la CODEP.	
Proceso de aplicación	De acuerdo con las etapas de la secuencia de orientación, los docentes elaboraron el diseño de la clase para la explicación científica escolar.	
Análisis	Para el análisis de la información, se establecieron las redes semánticas de acuerdo con las categorías establecidas en la matriz de valoración.	
Elaboración propia. Resultado de la investigación		

Con el fin de hacer un estudio en profundidad de las explicaciones dadas por los profesores en aula, se establece un seguimiento individual del proceso de diseño de la explicación en la cual se evidencian—en líneas de tiempo—las actividades e ideas planteadas por los docentes durante el diseño. De igual forma, se realiza un seguimiento grupal que se soporta en los talleres de formación docente, la utilización de técnicas mixtas para la obtención de la información y la consideración de instrumentos cualitativos y cuantitativos para la comprensión de la explicación científica escolar.

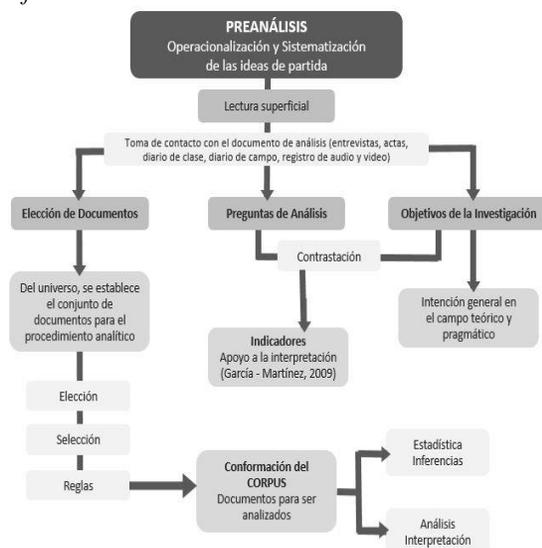
3.1.8 Procesamiento de datos y categorías de análisis.

3.1.8.1 *Procesamiento de datos.*

La organización de la información se realiza con base en los planteamientos de Bardín (2002) quien diseñó un método para la organización del análisis de información fundamentado en tres pasos (véase Figura 12):

A. *Preanálisis*. Consiste en la “la operacionalización y la sistematización de las ideas de partida para poder llegar a un sistema preciso de desarrollo de las operaciones sucesivas, a un plan de análisis” (p. 71). El preanálisis es un proceso flexible; permite realizar ajustes durante el proceso de análisis.

Figura 12 *Procesamiento de la información*



Elaboración propia con base en los fundamentos teóricos de Bardin (2002).

Teniendo en cuenta que la intención de la investigación y el objeto de estudio se encaminan a comprender los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar, el propósito fundamental del preanálisis en este estudio es la conformación del corpus para el análisis.

B. *Codificación*. Esta “corresponde a una transformación—efectuada según reglas precisas—de los datos brutos del texto” (p. 78). El objetivo de la codificación es, por un lado, la representación de las características del contenido del texto, al utilizar la *unidad de registro*, conformada por palabras, temas, personajes, acontecimientos y documentos que se constituyen en unidades semánticas coherentes con los objetivos de la investigación. Por otro lado, la representación de la *unidad de contexto* referida a la importancia de los elementos que rodean a la unidad de registro y que permite comprender su significado exacto. Dicha unidad es útil, por ejemplo, para el análisis de la información de los talleres de formación docente ya que, en algunos párrafos, al extraer una palabra de su contexto próximo, se corre el riesgo de que pierda su significado.

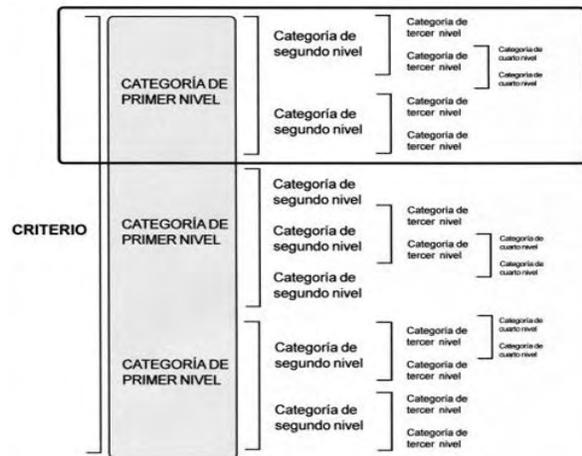
C. *Categorización*. “Es un proceso de tipo estructuralista. Comporta dos etapas:

- *El inventario*: aislar los elementos.
- *La clasificación*: distribuir los elementos, y consiguientemente buscar o imponer a los mensajes una cierta organización” (p. 91).

Por consiguiente, la categorización permite la clasificación y organización de la información a partir de unos criterios conceptuales comunes.

Ahora bien, la reducción de datos y la conformación del corpus en la investigación se realizó mediante la técnica de destilación de información (Vásquez, 2007), la cual consiste en procesar los datos conforme a cada categoría deductiva propuesta en la investigación, relacionarlas entre ellas y, posteriormente, darle a cada una de ellas un desarrollo horizontal con base en los datos recolectados. La Figura 13 ejemplifica lo anteriormente expuesto.

Figura 13 *Ejemplo de cuadro categorial*



Tomado de <https://fernandovasquezrodriguez.wordpress.com/2016/09/01/interpretar-la-informacion/>

El ejercicio de destilación se realiza con cada instrumento propuesto en la investigación. Este proceso se apoya con el software de investigación cualitativo el cual permite la codificación abierta y la categorización, así como la generación de una representación gráfica denominada red semántica.

3.1.8.2 *Sistematización de la información.*

El software *Transana 3.0* se utilizó para la transcripción de la información derivada de los instrumentos aplicados, específicamente, para el procesamiento del material audiovisual que se grabó durante las observaciones de clase. El programa complementó el análisis de la información con el fin de obtener una secuencia de clase que derivó el perfil inicial de la explicación.

En tanto que, para la información escrita y las transcripciones recogidas a través de los demás instrumentos, se utilizó el software *Atlas Ti 7.1* para realizar la codificación abierta y la categorización de hallazgos relevantes que, posteriormente, fueron representados en redes semánticas por cada instrumento aplicado.

3.1.8.3 Categorías de análisis.

Teniendo en cuenta los anteriores criterios, se plantearon dos clases de categorías: *a)* las teóricas-empíricas derivadas del marco teórico de la investigación y *b)* las empíricas que surgieron del desarrollo del análisis de la información.

Las categorías de análisis teóricas-empíricas se fundamentan en los aportes de: *a)* Achinstein (1989) quien plantea la explicación científica como un acto ilocucionario, *b)* los criterios de textualidad propuestos por Beaugrande y Dressler (1997) y *c)* la teoría de los actos de habla de Austin (1971) y Searle (1990).

Tabla 23 *Categorías teóricas*

Categorías teóricas derivadas de las bases teóricas de la investigación			
	Beaugrande y Dressler 1972*	Peter Achinstein 1983*	Austin 1955* y Searle 1969*
Discurso escrito	Cohesión	Explicación como acto ilocucionario emitir palabras en ciertos contextos con intenciones apropiadas = comprensión	Fuerza ilocucionario
	Coherencia		Énfasis
	Informatividad		Contenido
	Intencionalidad		Relación
	Interdisciplinariedad		Causalidad
	Situacionalidad		Elipsis
	Aceptabilidad		Instrucciones
Discurso oral	Cohesión	Explicación como par ordenado	Teoría de los actos de habla
	Coherencia		Explicación como acto de habla ilocutivo
	Intertextualidad		
	Situacionalidad		
	Interdisciplinariedad		
	Argumentaciones		
	Causa-Efecto		

Elaboración propia. Resultado de la investigación

*En esta tabla, con el objetivo de presentar el devenir histórico de las categorías teóricas asumidas en el estudio, se tuvieron en cuenta las fechas de publicación original de las siguientes obras (véase Referencias bibliográficas)

Para la determinación de las categorías se realiza una mediación entre la conceptualización de las categorías del análisis del discurso y las categorías derivadas de la explicación como acto ilocucionario. En este sentido, las normas de la textualidad se asimilan con categorías para el análisis de la explicación científica escolar, derivando 4 categorías para el análisis de la información.

La primera categoría son los *elementos contextuales* con 10 afirmaciones que determinan: *a)* el contexto de la explicación científica, *b)* el fenómeno natural a explicar, *c)* la intención de la explicación, *d)* la formulación de la pregunta de contenido que guía la explicación científica escolar, *e)* los saberes previos, *f)* la articulación de elementos de la cotidianidad, *g)* la apropiación del espacio y organización del salón de clase, *h)* la comunicación del docente

durante la explicación, *i*) el énfasis durante el desarrollo de la explicación y *j*) la naturalidad con la que se realiza la explicación.

La segunda categoría es la *estructuración de la explicación* con 12 afirmaciones referidas a: *a*) los referentes teóricos utilizados para el diseño de la explicación, *b*) el uso de elementos de la historia de la ciencia, *c*) la formulación de proposiciones para la explicación, *d*) la progresión temática y secuenciación, *e*) el esquema de la explicación, *f*) la formulación y el uso de ejemplos, *g*) la utilización de recursos para la representación, *h*) la explicación de elementos causales, *i*) las omisiones durante el diseño y desarrollo de la explicación, *j*) el uso de recursos, *k*) el desarrollo de estrategias de aplicación y *l*) las estrategias de retroalimentación.

La tercera categoría se trata de la *transferencia* con nueve afirmaciones que determinan el diseño y desarrollo de actividades que posibilitan en los estudiantes: *a*) la escritura de la explicación, *b*) la resolución de problemas, *c*) la amplitud de conocimientos, *d*) la explicación de fenómenos en contextos similares, *e*) la explicación de fenómenos en contextos distintos, *f*) la formulación de estrategias alternas cuando el estudiante no entiende la explicación, *g*) el uso de las preguntas durante la explicación, *h*) el desarrollo de vínculos nuevos y *i*) la interdisciplinariedad en las explicaciones.

La cuarta categoría es la *reflexión metacognitiva* con diez afirmaciones que se refieren a: *a*) la planificación de la explicación, *b*) el punto de vista crítico que asume el docente frente al diseño y a la explicación, *c*) la revisión, *d*) los ajustes, *e*) la contrastación de la explicación, *f*) la conexiones que establece, *g*) la reflexión sobre los hechos históricos, *h*) los argumentos, *i*) el uso del trabajo práctico y *j*) las actividades de inferencia. En la Tabla 24 se realiza la descripción de las categorías de la investigación.

Tabla 24 *Categorías teóricas de la investigación*

Elementos contextuales		
Descripción		
Según Marzábal (2011) “el estudio de un nuevo contenido consiste en plantear situaciones simples en un contexto concreto, relacionadas con el contenido que se quiere enseñar” (p. 63). Es así como, en esta categoría el profesor plantea actividades de enseñanza y aprendizaje que permiten identificar las ideas iniciales de representación de un fenómeno por parte de los estudiantes, explorar esas ideas y reconocer las diferencias.		
En este sentido, en el diseño de los elementos contextuales de la explicación científica escolar, se busca propiciar un ambiente de motivación para lograr la intención de la explicación que se plantea a través del desarrollo de la pregunta de contenido.		
Para Marchán-Carvajal y Sanmartí (2015) “contextualizar comporta presentar al alumnado situaciones de la vida cotidiana que tengan sentido para ellas y ellos, y les posibiliten reconocer la utilidad del nuevo aprendizaje y expresar sus ideas y explicaciones iniciales” (p. 269). En este sentido, es fundamental contextualizar temáticamente la explicación Izquierdo-Aymerich y Sanmartí (2000).		
Afirmación		Código
El profesor define el contexto de la explicación científica escolar.	EC1	EC Contexto

En la explicación el profesor establece el fenómeno natural a explicar.	EC2	EC Fenómeno
El profesor define la intención de la explicación científica escolar.	EC3	EC Intención
En la explicación el profesor formula la pregunta de contenido que suscita el pensamiento de los estudiantes hacia la comprensión del fenómeno explicado.	EC4	EC Preguntas de contenido
El profesor realiza actividades para identificar los saberes previos de los estudiantes.	EC5	EC Saberes previos
El profesor articula elementos de la cotidianidad en la explicación científica escolar.	EC6	EC Cotidianidad
En la explicación el profesor se apropia y organiza el espacio del salón de clase.	EC7	EC Espacio
En la explicación el profesor mantiene un ambiente de comunicación con el estudiante.	EC8	EC Comunicación
El profesor focaliza la entonación para hacer énfasis en algunos aspectos de la explicación del fenómeno.	EC9	EC Énfasis
El profesor realiza la explicación de los elementos contextuales de la explicación con claridad.	EC10	EC Naturalidad

Estructuración

Descripción

La estructuración tiene algunos elementos similares con la descontextualización presentada por Marchán-Carvajal y Sanmartí (2015), al referirse a las situaciones de aprendizaje que centran la mirada del estudiante en los fundamentos teóricos que ayudan a explicar el fenómeno, propiciando la exploración del territorio del fenómeno (Quintanilla, 2006).

Afirmación	Código
El profesor selecciona los referentes teóricos necesarios para la estructuración de la explicación.	ES1 ES Referentes teóricos
El profesor utiliza elementos de la historia de la ciencia para explicar las definiciones, leyes o conceptos involucrados en la explicación del fenómeno natural.	ES2 ES Historia
El profesor emite proposiciones que confieren contenido a las explicaciones que da.	ES3 ES Proposiciones
El profesor evidencia una progresión temática y establece la secuenciación en la explicación de los fenómenos naturales.	ES4 ES Progresión
El profesor define un esquema para la explicación científica escolar de los fenómenos naturales.	ES5 ES Esquema
El profesor hace uso de varios ejemplos para la explicación de los fenómenos naturales.	ES6 ES Ejemplos
El profesor utiliza metáforas, analogías, modelos para la explicación de los fenómenos naturales.	ES7 ES Representación
El profesor explica los fenómenos naturales estableciendo proposiciones causales.	ES8 ES Causa
En la explicación, el profesor suprime información que considera que el estudiante ya conoce.	ES9 ES Omisión
El profesor hace uso de diferentes recursos para la explicación de los fenómenos naturales.	ES10 ES Recursos
El profesor diseña estrategias para la aplicación de los conceptos explicados durante la clase.	ES11 ES Estrategias de aplicación
El profesor establece diferentes estrategias para la comprensión de la explicación y realiza actividades de retroalimentación.	ES12 ES Retroalimentación
En la explicación el profesor utiliza prácticas de laboratorio.	ES13 RM Trabajo Práctico

Transferencia

Descripción

El desarrollo de las actividades de transferencia busca que el estudiante pueda aplicar el modelo explicativo del fenómeno estudiado a diferentes situaciones y contextos que progresivamente se vuelven más complejos; generando una amplitud del conocimiento del fenómeno estudiado, basada en la mayor significatividad y comprensión del fenómeno (García y Angulo, 2003; Izquierdo-Aymerich, et al., 2006; Marzábal, 2011; Quintanilla, 2006).

En este sentido, Marchán-Carvajal y Sanmartí (2015), proponen el termino recontextualizar, para referirse al:

uso de los modelos teóricos previamente aprendidos en nuevos contextos (es decir, transferirlos) a fin de que los alumnos establezcan más relaciones, se los representen de forma más compleja y, al mismo tiempo, aprendan a aplicarlos en distintas situaciones e, incluso, a relacionarlos con otros modelos de la misma disciplina o de otras. (269)

Afirmación	Código
El profesor desarrolla actividades en las cuales el estudiante puede realizar inferencias a partir del fenómeno explicado.	TE1 TE Inferencia
El profesor permite expresar a los estudiantes la explicación a través de la escritura del fenómeno.	TE2 TE Escribir
El profesor establece relaciones entre los conocimientos previos y el nuevo contenido al explicar fenómenos naturales.	TE3 TE Resolución de problemas
En la explicación el profesor evidencia una amplitud de conocimientos sobre el fenómeno estudiado.	TE4 TE Amplitud
En la explicación el profesor permite que el estudiante explique otros fenómenos en contextos similares.	TE5 TE Contexto similares
En la explicación el profesor permite que el estudiante explique otros fenómenos en contextos distintos.	TE6 TE Contexto distinto
Cuando una explicación NO es clara para el estudiante, el profesor genera otras estrategias de enseñanza.	TE7 TE Explicación alterna
El profesor permite que los estudiantes realicen preguntas relacionadas con el fenómeno natural explicado o con otros hechos similares.	TE8 TE Preguntas
En la explicación el docente promueve vínculos con otras áreas.	TE9 TE Interdisciplinariedad

Reflexión Metacognitiva

Descripción

Según Marzábal (2011), el objetivo de la revisión es la comparación entre las ideas iniciales y finales sobre el proceso de aprendizaje. Además de permitirle al profesor hacer un ejercicio de reflexión sobre su práctica explicativa.

Afirmación	Código
El profesor planifica la actividad de explicación y utiliza el tiempo de aprendizaje de manera efectiva.	RM1 RM Planificación
El profesor asume un punto de vista crítico sobre el diseño de la explicación.	RM2 RM Crítico
El profesor revisa y analiza el diseño de la explicación con otros docentes del área.	RM3 RM Revisión
El profesor acepta observaciones y realiza los ajustes al diseño de la explicación.	RM4 RM Ajustes
El profesor realiza actividades para contrastar las decisiones tomadas en la explicación con los resultados evaluativos obtenidos.	RM5 RM Contrastación
El profesor establece conexiones y asociaciones al explicar los fenómenos naturales.	RM6 RM Conexiones
El profesor hace uso de hechos de la historia de la ciencia	RM7 RM Hechos históricos

para reflexionar sobre la explicación científica.

En la explicación el profesor hace reflexiones teóricas a partir de argumentos históricos.

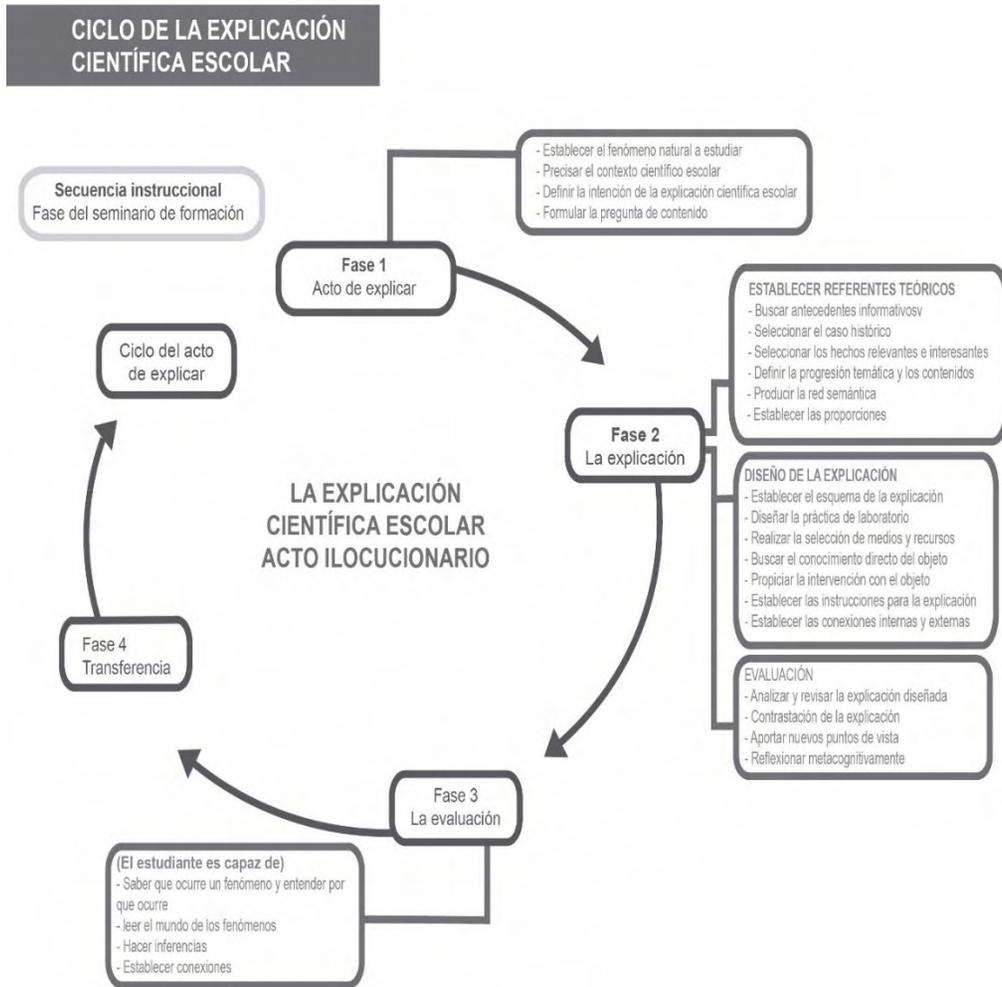
RM8

RM Argumentos

Elaboración propia. Resultado de la investigación Las abreviaturas utilizadas corresponden a: Elementos Contextuales (EC), Estructuración (ES), Transferencia (TE), Reflexión Metacognitiva (RM).

Para la articulación del caso histórico en la explicación científica escolar, se sigue la secuencia de instrucción diseñada en la investigación. En un primer momento, esta secuencia se denominó como estrategia de formación docente e involucraba las etapas de elementos contextuales, estructuración de la explicación, evaluación y transferencia, tal como se ilustra en la Figura 14. No obstante, al validarse esta secuencia con un experto, se consideró que la etapa de la evaluación era una fase en la etapa de la estructuración de la explicación y que, en esa medida, había una etapa y una fase con la misma denominación. Así mismo, se observó que en la etapa de estructuración de la explicación aparece un proceso denominado reflexión metacognitiva. En este sentido y, teniendo en cuenta que el eje de los talleres de formación docente es la reflexión sobre el proceso explicativo y la reflexión crítica sobre la práctica explicativa de los docentes, se asume como etapa dentro de la estrategia de formación docente la reflexión metacognitiva. De igual forma, se considera que la denominación estrategia de formación docente es más pertinente para el proceso que se desea realizar con los PCNE, la reflexión sobre la práctica explicativa. La Figura 15 representa la estrategia de formación docente con los ajustes pertinentes.

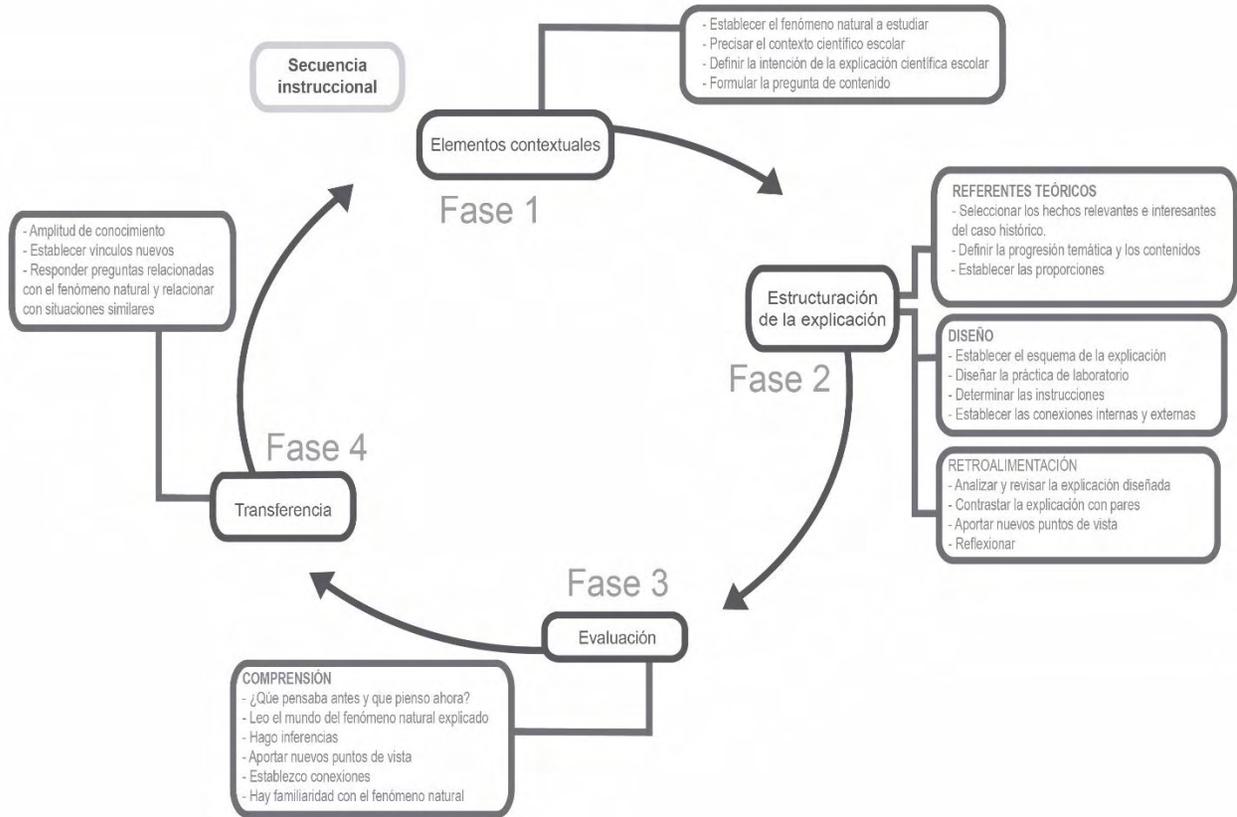
Figura 14 *Secuencia instruccional*



Elaboración propia. Resultado de la investigación

Figura 15 Estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar

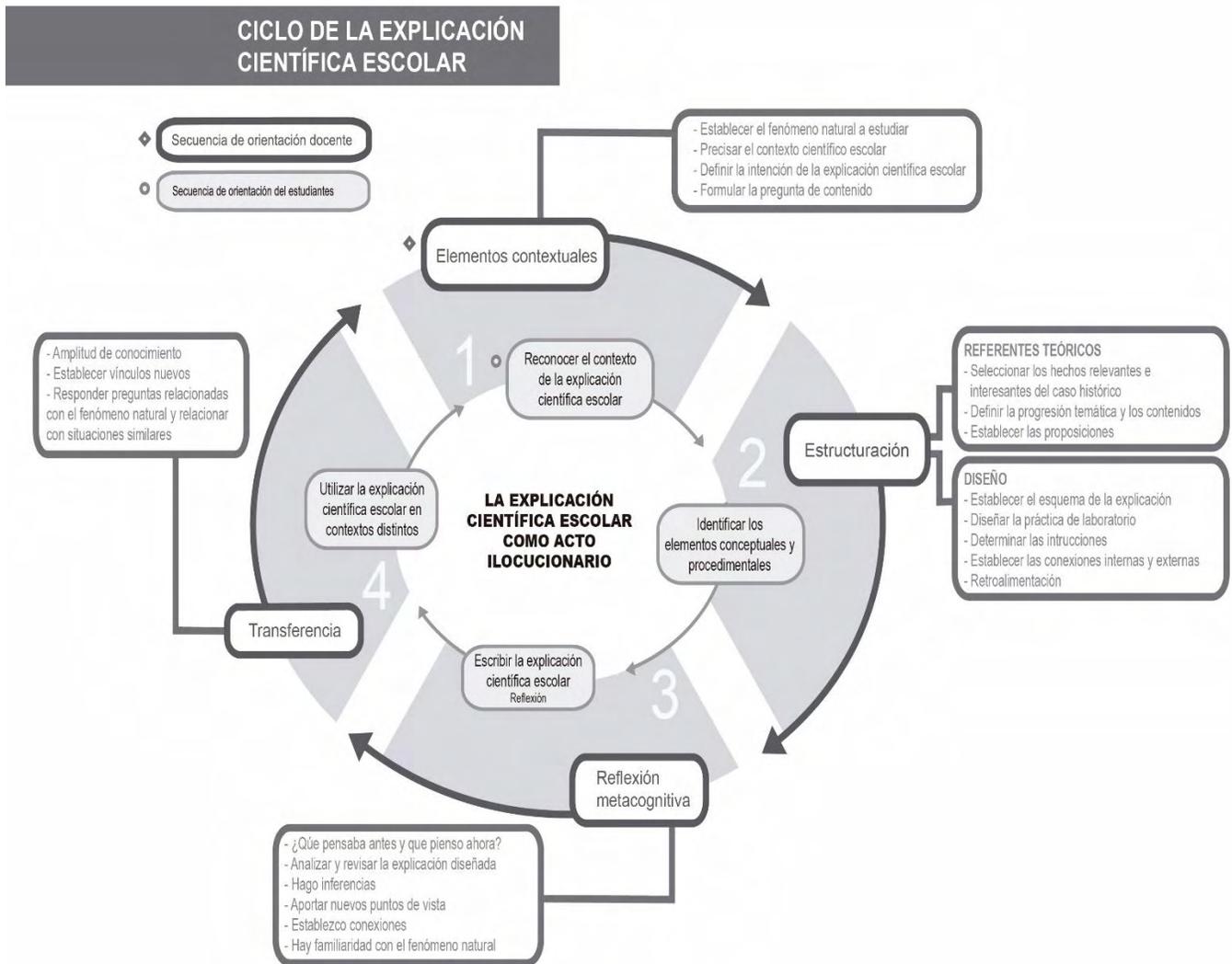
CICLO DE LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA ESCOLAR



Elaboración propia. Resultado de la investigación

En la secuencia para el diseño de la explicación (Figura 16) se hace necesario incluir las actividades que se espera realice el estudiante dentro de cada una de las etapas de la explicación. Por tanto, se incluye en la secuencia un ciclo interno que corresponde a estas actividades.

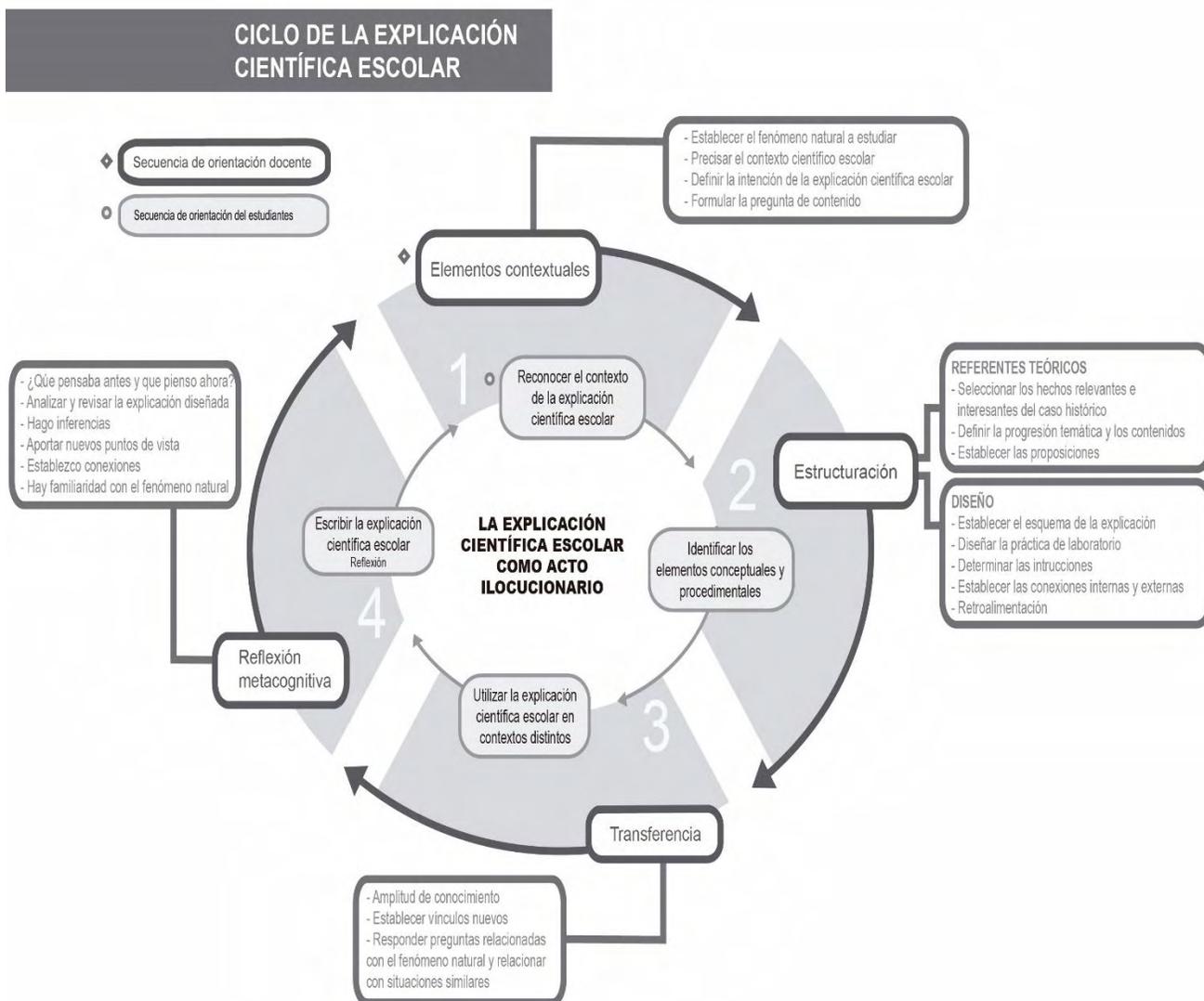
Figura 16 *Secuencia de orientación del estudiante para el diseño de la explicación científica escolar*



Elaboración propia. Resultado de la investigación

Una vez realizados los ajustes a la estrategia de formación docente, esta se presenta en el taller de formación docente 5 el cual tenía por objetivo identificar las etapas de la estrategia de formación docente para el diseño de la explicación científica escolar. Una vez realizada la presentación, los docentes consideran que la etapa de reflexión metacognitiva debe ir al final de la secuencia, por cuanto la reflexión forma parte de todo el proceso explicativo. De esa manera, la estrategia de formación docente se perfecciona con la participación de los docentes. En la Figura 17 se representa la estrategia de formación docente final, resultado de la revisión y reflexión sobre las diferentes etapas y fases del diseño.

Figura 17 *Secuencia de orientación del estudiante para el diseño de la explicación científica escolar. Versión final.*



Elaboración propia. Resultado de la investigación

3.1.8.4 Criterios de rigor científico.

En la investigación cualitativa, la triangulación permite analizar un fenómeno utilizando diferentes estrategias con el objetivo de disminuir los sesgos que se puedan presentar en el análisis de la información. Es así que la triangulación posibilita la validación del proceso metodológico que se asume en la investigación (Flick, 2012).

Por las particularidades de la investigación, se considera importante realizar triangulación de datos y triangulación de métodos. La triangulación de datos con el fin de verificar y comparar los datos obtenidos en los diferentes momentos del proceso (Okuda y Gómez-Restrepo, 2005) y la triangulación de métodos para contrastar la información obtenida de los diferentes instrumentos aplicados.

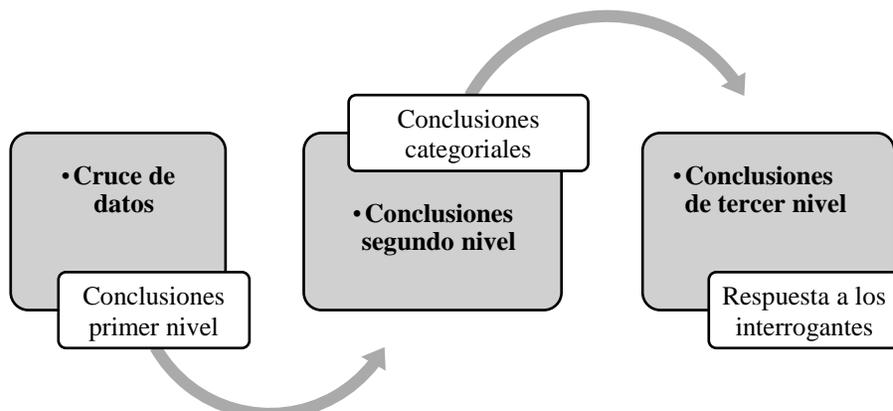
Según Cisterna (2005) la triangulación se desarrolla teniendo en cuenta:

- a) Se cruzan los resultados obtenidos a partir de las respuestas dadas por los sujetos a las preguntas, por cada subcategoría, lo que da origen a las conclusiones de primer nivel.
- b) Se cruzan dichas conclusiones de primer nivel, agrupándolas por su pertenencia a una determinada categoría, y con ello se generan las conclusiones de segundo nivel, que en rigor corresponden a las conclusiones categoriales.
- c) Se derivan las conclusiones de tercer nivel, realizadas a partir del cruce de las conclusiones categoriales y que estarían expresando los resultados a las preguntas que desde el estamento surgen a las interrogantes centrales que guían la investigación. (p. 68-69)

En este estudio este proceso se desarrolló de la siguiente manera:

- A. El cruce de los resultados obtenidos a partir de las respuestas dadas por PCNE que participan en el proceso de investigación, en este caso, los docentes de la CODEP. Este cruce genera las primeras conclusiones.
- B. El cruce de las conclusiones obtenidas brinda las conclusiones de segundo nivel que corresponden a conclusiones categoriales.
- C. El cruce de las conclusiones categoriales permite obtener conclusiones de tercer nivel, que responden a los interrogantes planteados en la investigación.

Figura 18 Representación gráfica del proceso de triangulación de datos

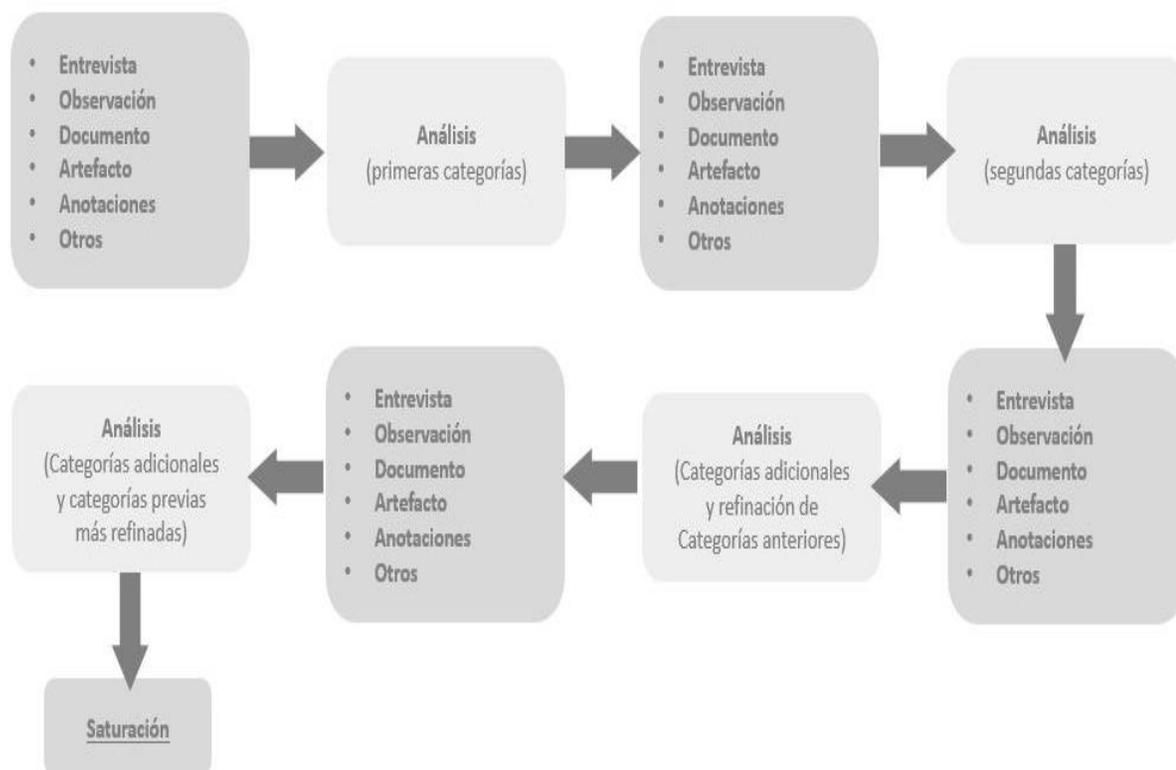


Elaboración propia con base en los fundamentos teóricos de Cisterna (2005).

La validación de la información se realizó a través de la triangulación de fuentes—se relacionan todas las fuentes primarias en la misma unidad hermenéutica de *Atlas Ti 7.1*—, teniendo en cuenta que la información proviene de diferentes docentes de áreas como química, física y biología. Y, posteriormente, se realizó la triangulación de técnicas considerando que durante la investigación se contemplan *a)* tres instrumentos exploratorios, *b)* observaciones en clase, *c)* talleres de formación, *d)* producciones escritas y *e)* plan de clase, todos ellos relacionados hasta alcanzar la saturación de la información.

En la Figura 19 se representa el proceso de análisis mediante saturación de datos.

Figura 19 Representación gráfica del proceso de saturación de datos



Elaboración propia. Resultado de la investigación

Por lo tanto, en la investigación se tienen en cuenta tres ejes fundamentales para el análisis: *a)* la caracterización de la explicación científica escolar de los PCNE, *b)* el diseño de la explicación científica escolar haciendo uso de la historia de la ciencia y *c)* el estudio de la implementación de la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión en el aula de clase.

En el próximo capítulo se presenta el análisis de los resultados obtenidos de acuerdo con el proceso descrito anteriormente.

4. Análisis de Resultados

En este capítulo se hace la presentación, el análisis y la interpretación de los datos derivados de la aplicación de los instrumentos de acuerdo con el proceso metodológico descrito anteriormente.

En la primera parte se hace la selección del grupo de casos a partir del análisis de la información de los dos instrumentos de carácter exploratorio aplicados a los 15 docentes del área de ciencias naturales de la institución educativa. Posteriormente, se realiza el análisis teniendo en cuenta los tres ejes: *a)* caracterización de la explicación científica escolar, *b)* diseño de la explicación escolar del fenómeno de la combustión haciendo uso de la historia de la ciencia y *c)* estudio de las explicaciones de los docentes en el aula escolar. El propósito del análisis es responder al objetivo general de la investigación.

4.1 Resultados provenientes de los datos de los instrumentos exploratorios

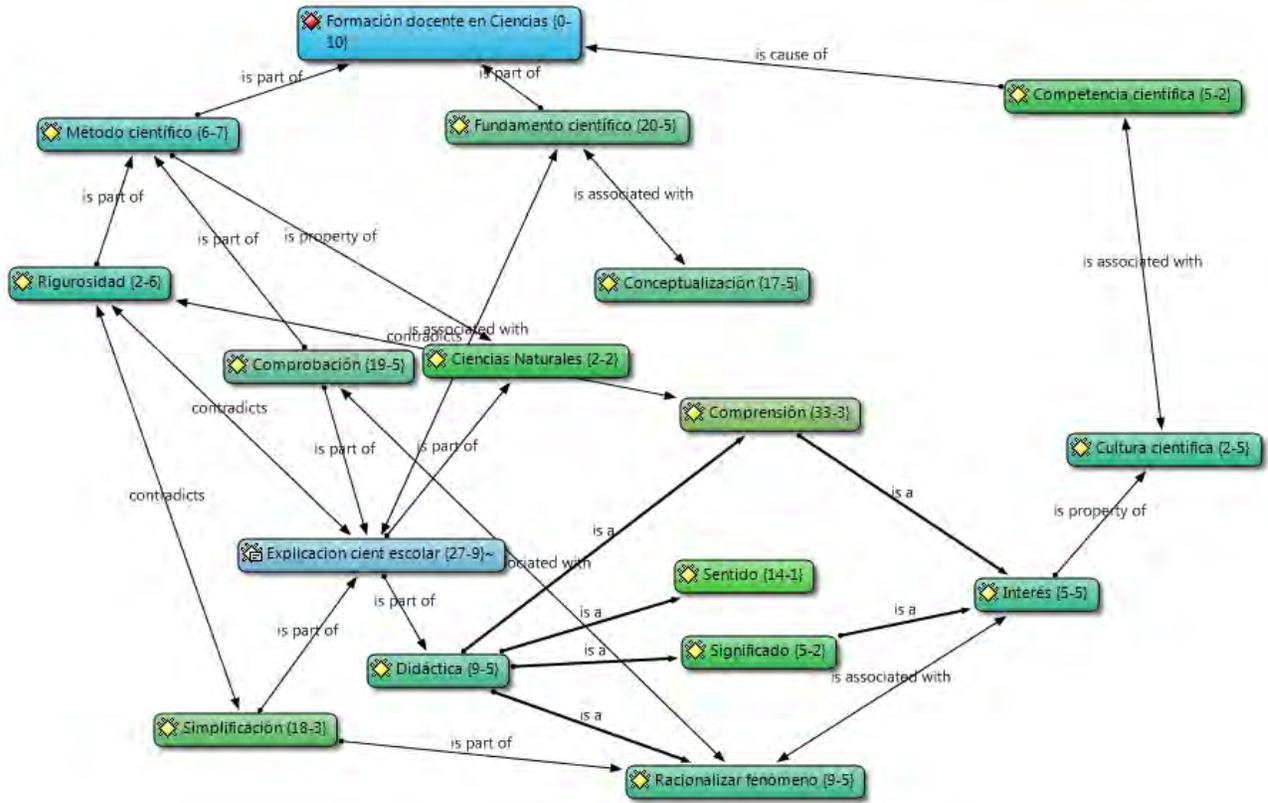
La finalidad de aplicación de los instrumentos exploratorios es la selección del grupo de casos para la conformación de la CODEP.

4.1.1 Instrumento exploratorio 1: Docentes.

Para conformar la unidad de trabajo se analizó la información de los instrumentos exploratorios aplicados a los PCNE a través del software *Atlas ti 7.1* y la codificación abierta de la información que permite analizar el texto, con el propósito de identificar los conceptos, las ideas, y las categorías que exponen los profesores con respecto a la explicación, la explicación científica, la explicación científica escolar y la explicación del fenómeno de la combustión. A partir de los datos obtenidos, se establecen comparaciones de acuerdo con sus diferencias y similitudes, obteniendo categorías que representan elementos básicos para el análisis de la teoría (Flick, 2012; San Martín, 2014).

A través de la codificación axial se determina la red de relaciones entre las categorías y, finalmente, con la codificación selectiva se obtiene la categoría central a partir de la cual se describe el perfil conceptual de los docentes con respecto a la explicación. La Figura 20 muestra los resultados de la sistematización de los datos de la primera parte del instrumento exploratorio aplicado a los 15 profesores del área.

Figura 20 Red semántica correspondiente al momento 1 del primer instrumento exploratorio



Elaboración propia. Resultado de la investigación En esta red semántica se muestran las principales tendencias referidas por los docentes sobre explicación, la explicación científica y la explicación científica escolar.

Del análisis que se realizó a partir del primer instrumento exploratorio sobre la explicación científica escolar (véase Anexo 4) se obtuvieron las siguientes proposiciones:

A. *Formación docente*. Es considerado un *supercódigo* dada la alta co-ocurrencia de citas. Al respecto, el análisis hace evidente que los docentes le dan relevancia a su formación como docentes del área de ciencias, ya que ésta les permite hacer uso con claridad y pertinencia del método científico, los fundamentos teóricos aplicados a sus clases y el desarrollo de competencias científicas haciendo énfasis en:

- a. *Fundamento científico*: toda explicación parte de una teoría científica que ha sido comprobada.

Cita: “Es dar a entender un fenómeno natural con la respectiva aplicación de leyes científicas. Explicar el por qué suceden las cosas a partir de una teoría científica.

Relacionar la teoría científica con hechos cotidianos”.

- b. *Método científico*: toda explicación se desarrolla en el marco del método científico, la formulación de hipótesis y la validación de estas a través de la experimentación.

Cita: “[La explicación científica] corresponde a la validación experimental de forma cuantitativa de una hipótesis o problema a partir de la metodología descrita en el método científico”.

- c. *Competencia científica*: esta categoría se expresa en el contexto escolar en dos sentidos. Por un lado, refiere a las competencias que el docente debe poseer para realizar una explicación científica y, por el otro, se refiere a las competencias que se espera desarrollar en los estudiantes cuando éstos se interesan por incorporar aportes de la ciencia a su modo general de aprender.

Cita 1: “[Se entiende la explicación científica escolar] como el conjunto de postulados y análisis de procesos, teorías y experimentales que ayudan a desarrollar los procesos de pensamiento y competencias científicas de los estudiantes en un escenario específico”.

Cita 2: “[La explicación] acotándola al ámbito de la enseñanza de las ciencias, la considero una competencia científica de alta demanda cognitiva, en la que se vincula una o varias ideas con hechos del mundo para dar sentido a un fenómeno, sistema u objeto, etc.”.

- B. *Explicación científica escolar*. Es representada como una acción de aproximación al estudiante al campo de la ciencia—método, fundamentos teóricos—valorando la importancia de la comprobación de los postulados y la rigurosidad con la que hacen los descubrimientos. Sin embargo, se reconoce que, en el contexto escolar, es necesario el uso de la didáctica para facilitar la comprensión del estudiante para que, de este modo, le otorgue sentido y significado a lo que está aprendiendo. Se identifican tres aspectos importantes:

- a. Se identifica una relación entre la explicación científica escolar y el método científico. Se considera que toda formación en ciencias naturales debe preservar la rigurosidad del método científico y de la teoría explicativa acerca del fenómeno.

Cita: “Aquellos que proporcionan al estudiante las herramientas conceptuales para generar más explicaciones del mundo que los rodea con mayor rigurosidad teórica”.

- b. Existe una relación entre explicación científica escolar y didáctica, lo que indica que la primera es posible a través del uso de la didáctica: recursos lingüísticos de simplificación y recursos didácticos, aproximación al contexto social de los estudiantes, conocimientos previos de los educandos, aprendizaje activo y por descubrimiento.

Cita 1: “Se debe aplicar la rigurosidad del método científico al nivel de comprensión de los estudiantes según el grado escolar”.

Cita 2: “Dar una explicación del porqué de los fenómenos naturales con ayuda de recursos didácticos”.

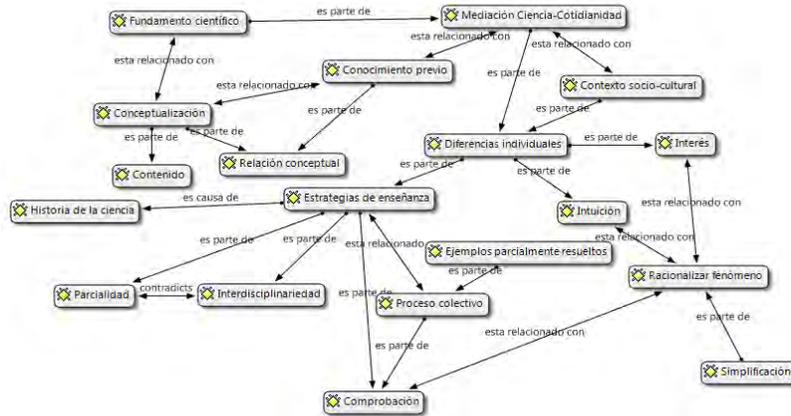
Cita 3: “Es la simplificación de la teoría de una forma didáctica para que el estudiante realice un aprendizaje significativo”.

- c. En el proceso de explicación científica escolar se plantean tres finalidades para el estudiante: *a)* que comprenda, que pueda elaborar un concepto acerca del fenómeno estudiado y que pueda llevarlo a la práctica; *b)* que le dé sentido a este fenómeno dentro del progreso de la ciencia y *c)* que pueda reelaborar el significado de los preconceptos que eran incorrectos o intuitivos y, con ello, se desarrolle su interés y curiosidad por la ciencia.

Cita: “El estudiante tiene conocimientos que muchas veces no concuerdan con el campo científico, una explicación científica escolar sería toma los preconceptos del estudiante y por medio de explicaciones y prácticas encaminar al estudiante a que reformule sus conceptos y los lleve al conocimiento científico”.

En la segunda parte del primer instrumento se indago con respecto a la manera como los docentes explicarían el fenómeno de la combustión en el aula escolar. A partir de los datos, se obtiene la siguiente red semántica que muestra la Figura 21:

Figura 21 Red semántica correspondiente al momento 2 del primer instrumento exploratorio



Elaboración propia. Resultado de la investigación Red semántica en la que se muestran las principales tendencias referidas por los docentes sobre la explicación en el aula de clase.

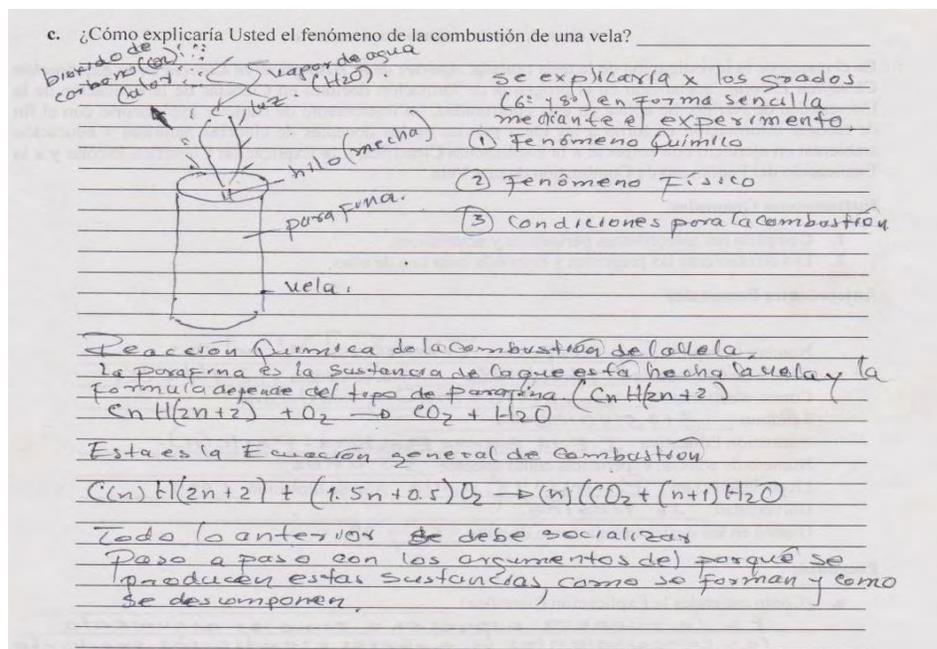
En el caso de la explicación sobre la combustión de la vela se encuentran los códigos identificados en la explicación científica escolar y nuevos elementos como el de conocimiento previo, el cual refiere no solo a la experiencia previa cotidiana con el fenómeno de la combustión sino a los conocimientos previos sobre otros conceptos relacionados como el concepto de cambio químico.

En este caso, el *supercódigo* identificado es Mediación-Ciencia-Cotidianidad, donde se observan aspectos como el reconocimiento del contexto sociocultural como marco de la explicación, así como de las diferencias individuales de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje (véase Tabla 25).

Cita: “Para dar la explicación del tema se forma grupos de trabajo mínimo de tres alumnos con un monitor, según su ritmo de trabajo. Los que poseen mejor ritmo de trabajo, los de ritmo de trabajo normal y los de "inclusión”.

Como se muestra en la Figura 22, algunos docentes hacen explicación del fenómeno estrictamente desde su campo de conocimiento—explicaciones desde la química—, otros aluden a la interdisciplinariedad para incrementar la comprensión integral del fenómeno y la participación de los estudiantes. La Figura 23, en tanto, representa una red semántica correspondiente al momento 2 del primer instrumento exploratorio.

Figura 22 Explicación del fenómeno de la combustión de una vela



Elaboración propia. Resultado de la investigación

Tabla 25 Organización y descripción de códigos docentes

Supercódigos	Códigos	Códigos subordinados
Cambio físico Cambio químico Ambos conceptos se asocian con la conceptualización que los docentes hacen sobre la combustión de la vela. La mayoría utilizaría la definición de cambio químico y cambio físico al inicio de la explicación, como introducción del tema. Solo dos docentes consideran la conceptualización de ambos términos como conclusión del tema o del experimento.	Fundamentación científica “La explicación tiene que estar acorde al nivel escolar de los estudiantes, pero en términos generales, debe atender a la fundamentación teórica del proceso de oxidación”. (Docente 9)	Respiración “La respiración también es una combustión, el combustible es la glucosa y el comburente es el oxígeno”. (Docente 4)
	Método científico “El estudiante observará el curioso fenómeno: formulará hipótesis y el experimento ayudará a comprobar las hipótesis, ofrecerá conclusiones y teorías verídicas”. (Docente 12)	Hidrocarburo “El vapor de la vela forma dióxido de carbono y agua. Otra parte se forma en hidrocarburo”. (Docente 16)
	Conceptualización “Concreción del tema. En cuaderno de apuntes se consigna: concepto de combustión elementos necesarios para la combustión, transformación de la materia (Ley de conservación de Materia y energía)”. (Docente 7)	Evaluación “Sistematización y consignación de conceptos y datos 7. Evaluación examen”. (Docente 14)
Reacción química Entre las definiciones principales, la reacción química es en la que más coinciden la mayoría de los docentes. Se refiere al proceso donde interactúan materiales específicos (parafina,	Experimento “Iniciaría con una práctica. En una cubeta grande, en el centro, pegaría una vela, luego, colocaría un poco de agua en la cubeta, encendería la vela y, luego, la taparía con un beaker”. (Docente 6)	Participación “Luego empiezo a tomar nota de las ideas que ellos poseen o de las respuestas que ellos emiten, con lo cual explico posibles conceptos o teorías que posean, aclarando las dudas y tratando de incluir los conceptos y teorías que realmente ocurren desde la química”. (Docente 10)

mecha de algodón, oxígeno) con una energía de activación (fósforo), lo cual produce energía, luz y calor, además de productos como el dióxido de carbono y el vapor de agua. En algunas explicaciones, se mencionan los materiales (p. e. los reactivos) o se hacen diferenciaciones (v. g. entre combustible y comburente). Todo ello para conducir a la conclusión de que los productos finales son diferentes a los productos iniciales.

Investigación

“Dejaría dos preguntas de consulta: ¿por qué se forman gotas de agua en el beaker?, ¿por qué sube el nivel de agua de la cubeta?”. (Docente 6)

“Consulta de ideas fundamentales: se les invita a explorar en internet la consulta sobre la combustión, elementos necesarios para la combustión, transformación de la materia después de la combustión”. (Docente 7)

Preguntas

Se relaciona con el conocimiento previo del estudiante.

“Reconocimiento de ideas previas del estudiante haciendo preguntas como ¿por qué se enciende la vela?, ¿en qué se convierte la parafina de la vela al quemarse?, ¿qué colores observan en la vela al encenderse?, ¿en qué parte de la llama se sentirá más calor?, ¿qué sucede cuando se apaga la vela?”. (Docente 7)

“Indagación sobre los incendios, las quemaduras (causas y consecuencias)”. (Docente 14)

En otros casos, son preguntas que conducen a analizar la situación observada:

“Generalmente, la metodología que utiliza es el ABP [Aprendizaje Basado en Problemas], por lo tanto, inicio con plantear interrogantes como, por ejemplo, ¿por qué la vela genera una llama?”. (Docente 10)

“¿Por qué se produce la llama de la vela?, ¿qué es la combustión?, ¿se puede producir llama en la luna?, ¿qué ocurre cuando se quema una vela?, ¿se puede producir fuego en el agua?”. (Docente 12)

Aplicación

Se proponen ejercicios donde se pueda llevar el conocimiento a la solución de un problema en el contexto.

Proporción mecha-llama-parafina

“Aplicación del conocimiento. Estudiaría la proporcionalidad del tamaño de la mecha con el tamaño de la llama y el consumo de parafina. Se pueden construir gráficas con los datos obtenidos y concluir. Pregunta final para el estudiante: ¿qué haría usted para ahorrar velas si ocurriera un racionamiento eléctrico?”. (Docente 7)

Aclaración

“Las respuestas con errores las encaminaría a determinar claramente los conceptos científicos”. (Docente 6)

Propiedades de la combustión

“Se les lleva al laboratorio, diseño de una guía para el estudio de las propiedades de la combustión de una vela”. (Docente 7)

Simplificación

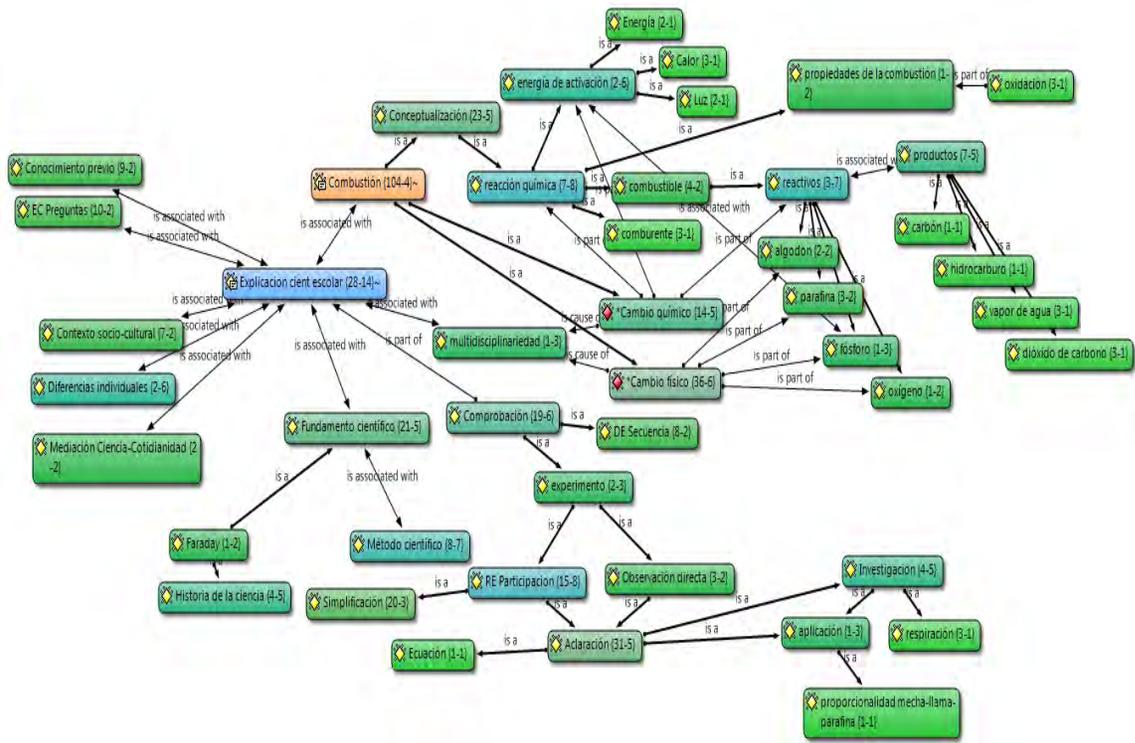
Se relaciona con el contexto de la explicación científica escolar, donde se reduce la explicación del fenómeno a sus fundamentos básicos.

“A nivel escolar, se explica desde la concepción de combustible y

	<i>comburente y obtención de energía". (Docente 5)</i>
Secuencia <i>"El tercer grupo, con mayor ritmo de trabajo, expone el experimento y explica oralmente, los términos sobre combustión y fenómenos químicos y físicos. Al desarrollar el experimento, hacen preguntas y se apoyan los conceptos si no entienden". (Docente 13)</i>	Ecuación Esta es la ecuación general de la combustión: $C(n)H(2n+2) + (1,5n+0.5) O_2 = (n)(CO_2 + (n+1) H_2O$
<i>"Fenómeno químico Fenómeno físico. Condiciones para la combustión". (Docente 15)</i>	
Historia de la ciencia <i>"Diseño de aplicación en Tablet, donde se cuente [la] historia sobre los estudios previos de la combustión". (Docente 7)</i>	Diferencias individuales <i>"Se forman grupos de trabajo. Mínimo de tres alumnos con un monitor, según su ritmo de trabajo: los que poseen mejor ritmo de trabajo, los de "inclusión"... Se entrega un link para que observen y bajen el video [y] lo presenten en video beam en el salón". (Docente 13)</i>
Observación directa <i>"Prendería una vela y la dejaría que se consuma. Los estudiantes observan y, mediante preguntas, los estudiantes realizan la construcción del proceso de combustión". (Docente 8)</i>	
Mediación ciencia-cotidianidad <i>"Indagación sobre los incendios, las quemaduras (causas y consecuencias)". (Docente 14)</i>	

Elaboración propia. Resultado de la investigación Esta tabla presenta las respuestas de los docentes al instrumento exploratorio 1 (véase epígrafe 4.1.1), utilizado para identificar los conceptos, las ideas, y las categorías que exponen los profesores con respecto a la explicación, la explicación científica, la explicación científica escolar y la explicación del fenómeno de la combustión.

Figura 23 Red semántica correspondiente al momento 2 del primer instrumento exploratorio



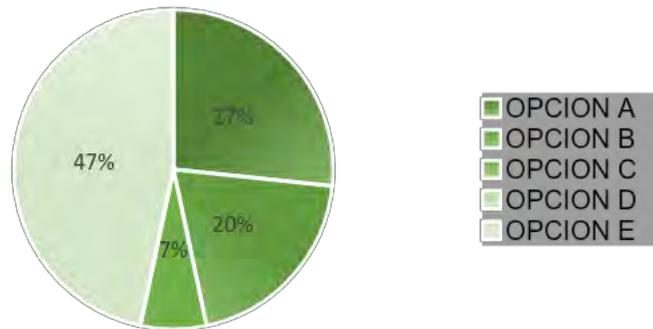
Elaboración propia. Resultado de la investigación En esta red semántica en la que se muestran las principales tendencias referidas por los docentes sobre la explicación del fenómeno de combustión de una vela en el aula de clase.

4.1.2 Instrumento exploratorio 2: Docentes.

A continuación, se presentan los resultados del cuestionario tipo Likert sobre la formación en historia de la ciencia de los PCNE y los de educación ambiental que aparece en la primera parte del segundo instrumento exploratorio. En la Figura 24 aparece la formación de los docentes en historia de la ciencia:

Figura 24 *Formación de los docentes en historia de la ciencia*

Formación en Historia de las Ciencias

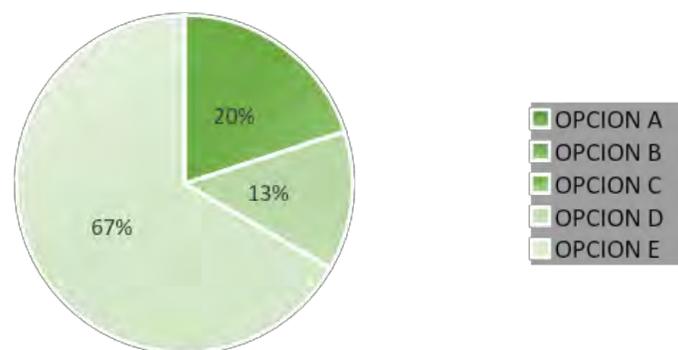


Elaboración propia. Resultado de la investigación

Cerca de la mitad de los participantes indican no haber recibido formación en historia de la ciencia durante su formación inicial. Los otros participantes indican haberla recibido a través de una asignatura o contenido específico, tal y como lo representa la Figura 25:

Figura 25 *Capacitación de los docentes en historia de las ciencias*

Capacitación en Historia de las ciencias

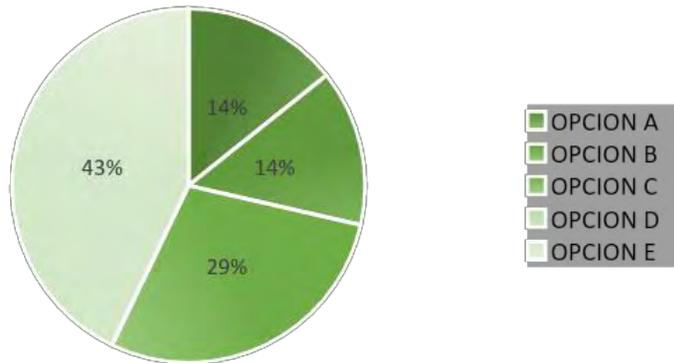


Elaboración propia. Resultado de la investigación

La gran mayoría de los participantes afirman no haber recibido capacitación en historia de la ciencia en su formación permanente como docente de ciencias. Algunos señalan haber adquirido esta formación de manera particular a través de seminarios o cursos, como se representa en la Figura 26:

Figura 26 *Formación de los docentes en didáctica de ciencia*

Formación en Didáctica de las Ciencias

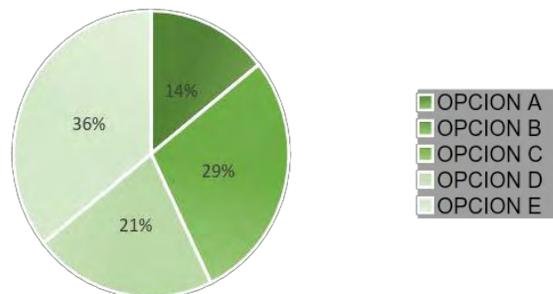


Elaboración propia. Resultado de la investigación

La mayoría de los participantes señalan no haber recibido formación en didáctica de las ciencias dentro de su formación inicial. La mitad de participantes señalan haber recibido esta formación a través de asignaturas o contenidos específicos. Estos porcentajes son representados en la Figura 27:

Figura 27 *Capacitación de los docentes en didáctica de ciencia*

Capacitación en Didáctica de las Ciencias

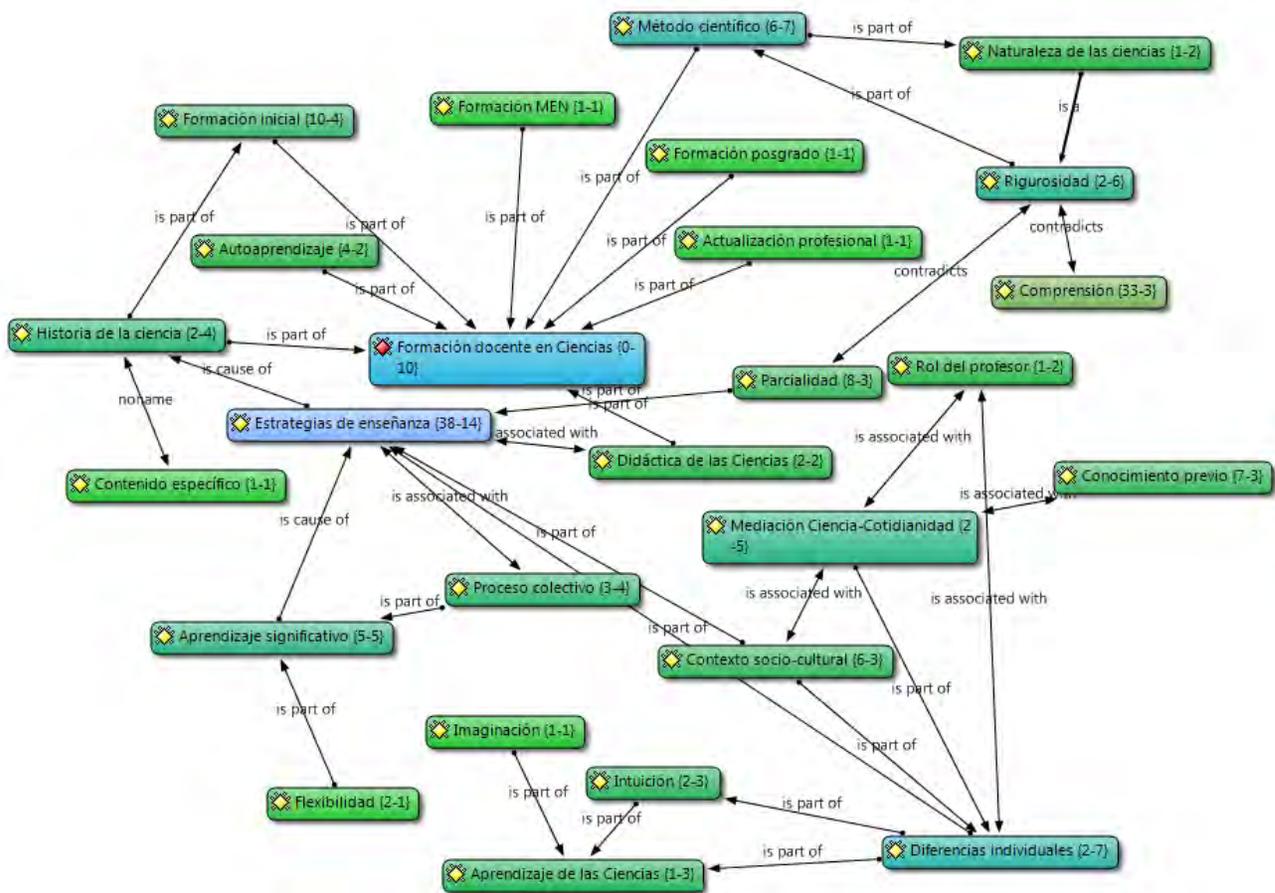


Elaboración propia. Resultado de la investigación

Algunos participantes señalan que no han recibido capacitación en didáctica de las ciencias. Algunos participantes afirman haber recibido capacitación mediante otras modalidades como autoaprendizaje con ayuda de internet, formación permanente ofrecida por el Ministerio de Educación Nacional y formación de posgrado. Algunos participantes han obtenido capacitación a través de cursos o seminarios particulares.

A partir de la información se obtiene siguiente red semántica (Figura 28) con respecto a la formación en historia de la ciencia:

Figura 28 Red semántica correspondiente al momento 2 del segundo instrumento exploratorio



Elaboración propia. Resultado de la investigación En esta red semántica se muestran las principales tendencias referidas por los docentes sobre la formación en historia de la ciencia y didáctica de la ciencia.

En la escala Likert sobre las ideas previas de los PCNE y los de educación ambiental con respecto a la historia de la ciencia y sus aportes en la explicación en ciencia en el aula escolar (adaptación de los instrumentos de Quintanilla y Merino (2008) y de Oñate, Saavedra y Spolmann (2011), se establecen las consideraciones que aparecen en la Tabla 26:

Tabla 26 Ideas previas de los docentes en ejercicio con respecto a la historia de la ciencia

Ítem	Número de respuestas					Porcentaje				
	TA	PA	I	PD	TD	TA	PA	I	PD	TD
1	7	5	2	0	0	47	33	13	0	0
2	2	5	4	2	1	13	33	27	13	7
3	0	7	2	2	3	0	47	13	13	20
4	4	5	2	3	0	27	33	13	20	0
5	5	5	3	1	0	33	33	20	7	0
6	4	5	3	2	0	27	33	20	13	0
7	4	7	2	0	1	27	47	13	0	7
8	1	5	3	3	2	7	33	20	20	13
9	2	4	4	3	1	13	27	27	20	7
10	0	4	2	2	5	0	27	13	13	33
11	3	5	1	3	2	20	33	7	20	13
12	1	3	5	0	4	7	20	33	0	27
13	6	6	1	0	1	40	40	7	0	7
14	6	5	1	1	0	40	33	7	7	0
15	9	5	0	0	0	60	33	0	0	0

Elaboración propia. Resultado de la investigación Las abreviaturas utilizadas en esta tabla corresponden a Totalmente de Acuerdo (TA), Parcialmente de Acuerdo (PA), Indiferente (I), Parcialmente en Desacuerdo (PD) y Totalmente en Desacuerdo (TD).

- A. La mitad de los encuestados están *totalmente de acuerdo* en que la historia de la ciencia describe los acontecimientos concretos que se produjeron en el pasado. La otra mitad comparte cierto nivel de acuerdo.
- B. Existe *disenso* en que la historia de la ciencia analiza la investigación y sus resultados sin olvidar los objetivos, los motivos y los valores.
- C. La mitad de los participantes están *de acuerdo* en que la historia de la ciencia es una interpretación de los hechos según planteamientos actuales.
- D. La gran mayoría están *de acuerdo* en que la historia de la ciencia es una colección de expresiones empíricas y formales acerca de la naturaleza adecuada al conocimiento científico de la época.
- E. La mayoría están *totalmente de acuerdo* en que en la historia de la ciencia se describen las actividades o comportamientos científicos según los criterios históricos.
- F. La gran mayoría están *de acuerdo* en que la historia de la ciencia hace referencia a cuándo un acontecimiento es una interpretación histórica o es un hecho objetivo.
- G. La gran mayoría están *de acuerdo* en que en la historia de la ciencia se presentan acontecimientos de un modo que pueden recrearse porque se muestran los datos de que se dispone.
- H. La mitad están *de acuerdo* en que en la historia de la ciencia se presenta la periodización como obra de los historiadores, no de la ciencia.
- I. Existe *disenso* respecto a que la historia de la ciencia presenta los temas agrupados según el criterio del historiador sin pretender que se refleje una tendencia del desarrollo de la ciencia.
- J. La mitad de los participantes están en *total desacuerdo* respecto a que en la historia de la

ciencia se manifiesta que la ciencia del pasado no debería estudiarse a los ojos de la ciencia de hoy, a menos que haya buenas razones para ello.

- K. La mayoría están *de acuerdo* en que la historia de la ciencia permite seleccionar temas según los patrones y valores contemporáneos.
- L. La mayoría se consideran *indiferentes* frente a la afirmación: “*En clase de ciencias se puede justificar la presentación de sucesos ficticios*”.
- M. La mayoría se encuentran *totalmente de acuerdo* en que en clase de ciencias es posible plantear situaciones que son problemáticas desde el punto de vista histórico.
- N. La mayoría se encuentran *totalmente de acuerdo* en que en clase de ciencias se presenta una idea conductora y se justifica.
- O. La gran mayoría están *totalmente de acuerdo* en que en clase de ciencias se pone en evidencia que el conocimiento científico es una construcción histórica de la humanidad.

Al llegar a este punto, existe un acuerdo en que la historia de la ciencia permite acceder a la veracidad de los acontecimientos, por lo que pueden recrearse para fines educativos, además, en la vida contemporánea son útiles para comprender el conocimiento científico bajo su connotación histórica y, así, poder analizarlos a la luz de los planteamientos actuales.

Los participantes están en desacuerdo con que la historia de la ciencia impida revisar los acontecimientos pasados a los ojos de la ciencia actual. Lo que está en consonancia con la proposición anterior.

Se encuentra disenso en cuanto al papel del historiador sobre la definición de los objetivos, valores, motivos y las tendencias de desarrollo en la investigación documentada. Algunos participantes consideran que en la historia de la ciencia se reflejan tendencias del desarrollo de la ciencia y aspectos que parcializan la información.

Los participantes se consideran indiferentes frente a la presentación de sucesos ficticios en clase de ciencias.

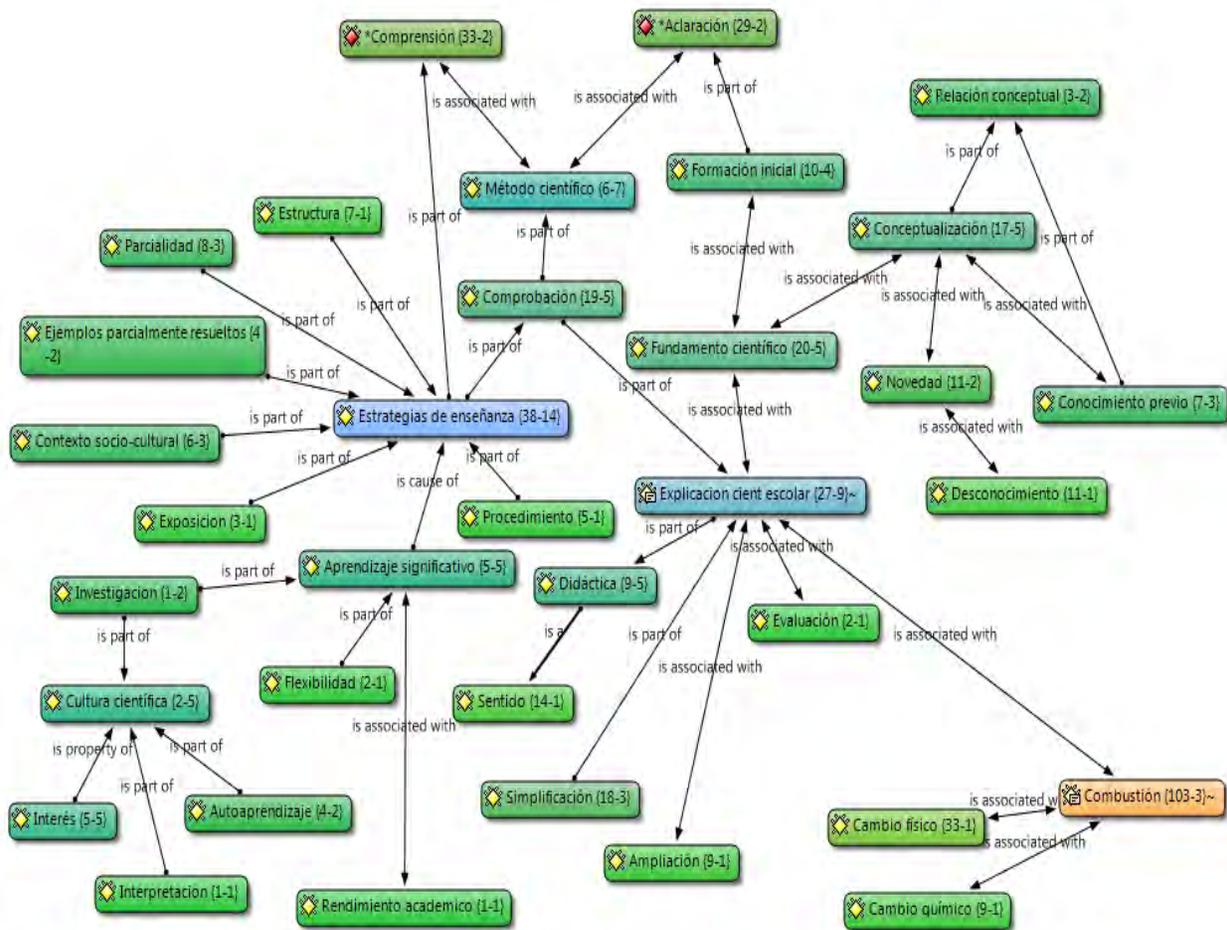
La historia de la ciencia se constituye en recurso para la enseñanza de las ciencias que permite reconocer los procesos históricos de los acontecimientos científicos y ayuda a comprender la ciencia actual que reconoce el papel del historiador al demarcar los objetivos, los valores y las tendencias que dieron curso al desarrollo de la ciencia (véase Anexo 3).

4.2 Eje 1: Caracterización de las explicaciones dadas por los docentes seleccionados en la unidad de trabajo

4.2.1 Instrumento exploratorio 3: Estudiantes.

En la siguiente red semántica (Figura 29) se presenta la información correspondiente a la descripción que realizan los estudiantes sobre la explicación de los profesores de ciencias naturales en el aula escolar.

Figura 29 Red semántica correspondiente al momento 1 del tercer instrumento exploratorio



Elaboración propia. Resultado de la investigación En esta red semántica se muestran las principales tendencias referidas por los estudiantes sobre la manera como los docentes explican la clase.

En la Tabla 27 se puede apreciar la codificación de los estudiantes:

Tabla 27 Organización y descripción de códigos estudiantes

Supercódigos	Códigos principales	Códigos subordinados
<p>En el gráfico se identifican con color rojo, se refiere a la forma en la que la mayoría de estudiantes describen la explicación de los profesores de ciencias, aludiendo principalmente a los siguientes conceptos.</p>	<p>Se refiere a conceptos asociados fuertemente con un supercódigo, en el gráfico se identifican con las distintas tonalidades de verde.</p>	<p>Se refiere a conceptos asociados con los códigos principales, en el gráfico se encuentran cercanos a los códigos principales.</p>
<p>Comprensión: Una explicación es un ejercicio de enseñanza donde el fin último es comprender el tema.</p>	<p>Estrategias de enseñanza: Se refiere a las prácticas de los docentes para incrementar la comprensión sobre un tema (dejar tarea, proponer ejercicios o prácticas, asegurar que los estudiantes escuchen y escucharlos atentamente, repetir la explicación, explicar con paciencia y despacio, brindar retroalimentación de las tareas y los ejercicios en clase, realizar correcciones en los cuadernos, usar videos o materiales de apoyo).</p> <p>Ampliación: En el caso de que se estén estudiando temas que los educandos ya conocen, la explicación permite ampliar, profundizar o comprender nuevos aspectos del mismo.</p> <p>Novedad: En la mayoría de casos, la explicación se relaciona con un tema nuevo, sobre el cual la diferencia de conocimiento entre docente y estudiante es completamente opuesta.</p> <p>Desconocimiento: Los estudiantes consideran que se presenta la explicación ante una situación o fenómeno desconocido para ellos.</p> <p>Formación inicial: Los estudiantes reconocen que la persona indicada para suministrar una explicación es una persona que sabe, que ha tenido formación en ese campo científico, que conoce los métodos y las teorías con suficiencia.</p>	<p>Parcialidad: Se refiere a que, para facilitar la comprensión sobre un fenómeno, el docente opta por presentarlo en la forma más pertinente para su área de conocimiento (p. e. en la materia de química, limitar la explicación de un fenómeno a sus características químicas; y en la materia de física, las características físicas).</p> <p>Ejemplos: El uso de ejemplos durante la explicación para que se vayan resolviendo de forma conjunta entre estudiantes y docente.</p> <p>Contexto sociocultural: Antes de iniciar la explicación de un tema, plantear un contexto en el que ese conocimiento ya ha sido de utilidad.</p> <p>Exposición: Se refiere a que el estudiante identifica las habilidades expositivas como un elemento positivo para la comprensión (el docente habla claro y fuerte, usa un lenguaje adecuado, va al ritmo del grupo).</p> <p>Aprendizaje significativo: Refieren que es una buena explicación cuando luego el estudiante puede explicarlo por sí mismo o aplicar ese conocimiento en otro contexto. A su vez, este concepto se relaciona con el desarrollo de la competencia investigativa, orientada hacia el aprendizaje autónomo y al <i>interés</i> por la ciencia.</p> <p>Rendimiento académico: La explicación ha cumplido con su función cuando se refleja en el rendimiento general de los educandos,</p>

tanto en las actividades evaluativas como en el desarrollo de los ejercicios y prácticas.

Flexibilidad:

Se refiere a que la explicación sea posible en medio de las opiniones diversas de los estudiantes, que cada uno pueda aprender y comprender de modos distintos.

Interpretación

Se relaciona con la posibilidad de tomar nota de lo que el docente explica y otorgar los propios significados.

Elaboración propia. Resultado de la investigación

De acuerdo a lo anterior, los estudiantes reconocen la importancia de la formación disciplinar de los docentes y la experiencia como factores claves para la realización de la explicación científica escolar. De igual manera, los estudiantes son reiterativos en manifestar que las explicaciones de los docentes son buenas cuando el estudiante es capaz de explicar el tema por sí mismo en contextos diferentes. Esta afirmación es fundamental en el proceso investigativo por cuanto se relaciona con la categoría de transferencia y con la intención de la explicación como acto ilocucionario: la comprensión (véase Anexo 5).

4.2.2 Observación de clase no participante.

El análisis de los videos se desarrolla en tres procesos:

A. Codificación abierta

Se configuraron 18 piezas audiovisuales que dan cuenta de la grabación de 10 sesiones de clases de química y física que fueron codificadas como aparece en la Tabla 28:

Tabla 28 *Codificación de las piezas audiovisuales*

Ítems	Categoría	Código	Afirmación	Código
1	Elementos Contextuales	EC1	El profesor define el contexto para la explicación científica escolar.	EC Contexto
2		EC2	En la explicación el profesor establece el fenómeno natural a explicar.	EC Fenómeno
3		EC3	El profesor define la intención de la explicación científica escolar.	EC Intención
4		EC4	En la explicación el profesor formula pregunta de contenido que	EC Preguntas de

		suscita el pensamiento de los estudiantes hacia la comprensión del fenómeno explicado.	contenido
5	EC5	El profesor utiliza los conceptos previos de los estudiantes para mejorar el desempeño en la explicación de fenómenos naturales.	EC Saberes previos
6	EC6	El profesor articula elementos de la cotidianidad para la explicación científica escolar.	EC Cotidianidad
7	EC7	En la explicación el profesor se apropia y organiza el espacio del salón de clase.	EC Espacio
8	EC8	En la explicación el profesor mantiene un ambiente de comunicación con el estudiante.	EC Comunicación
9	EC9	El profesor focaliza la entonación para hacer énfasis en algunos aspectos de la explicación.	EC Énfasis
10	EC10	El profesor realiza la explicación con pertinencia.	EC Naturalidad
11	ES1	El profesor selecciona los referentes teóricos necesarios para la estructuración de la explicación.	ES Referentes teóricos
12	ES2	El profesor utiliza elementos de la historia de la ciencia para explicar las definiciones, leyes o conceptos involucrados en la explicación del fenómeno natural.	ES Historia
13	ES3	El profesor emite proposiciones que confieren contenido a las explicaciones que da.	ES Proposiciones
14	ES4	El profesor evidencia una progresión temática y establece la secuenciación en la explicación de los fenómenos naturales.	ES Progresión
15	ES5	El profesor define un esquema para la explicación científica escolar de los fenómenos naturales.	ES Esquema
16	ES6	El profesor hace uso de varios ejemplos para la explicación de los fenómenos naturales.	ES Ejemplos
17	ES7	El profesor utiliza metáforas, analogías, modelos para la explicación de los fenómenos naturales.	ES Representación
18	ES8	El profesor explica los fenómenos naturales estableciendo proposiciones causales.	ES Causa
19	ES9	En la explicación, el profesor suprime información que considera que el estudiante ya conoce.	ES Omisión
20	ES10	El profesor hace uso de diferentes recursos para la explicación de los fenómenos naturales.	ES Recursos
21	ES11	El profesor diseña estrategias para la aplicación de los conceptos explicados durante la clase.	ES Estrategias de aplicación
22	ES12	El profesor establece diferentes estrategias para la comprensión de la explicación y realiza retroalimentación de las mismas.	ES Retroalimentación
21	RM1	El profesor planifica la actividad de la explicación y utiliza el tiempo de aprendizaje de manera efectiva.	RM Planificación
23	RM2	El profesor asume un punto de vista crítico sobre el diseño de la explicación.	RM Crítico
24	RM3	El profesor revisa y analiza el diseño de la explicación con otros docentes del área.	RM Revisión
25	RM4	El profesor acepta observaciones y realiza los ajustes al diseño de la explicación.	RM Ajustes
26	RM5	El profesor realiza actividades para contrastar las decisiones tomadas en la explicación con los resultados evaluativos obtenidos.	RM Contrastación
27	RM6	El profesor establece conexiones y asociaciones al explicar los fenómenos naturales.	RM Conexiones
28	RM7	El profesor hace uso de hechos de la historia de la ciencia para reflexionar sobre la explicación científica.	RM Hechos históricos
29	RM8	En la explicación el profesor hace reflexiones teóricas a partir de argumentos históricos.	RM Argumentos

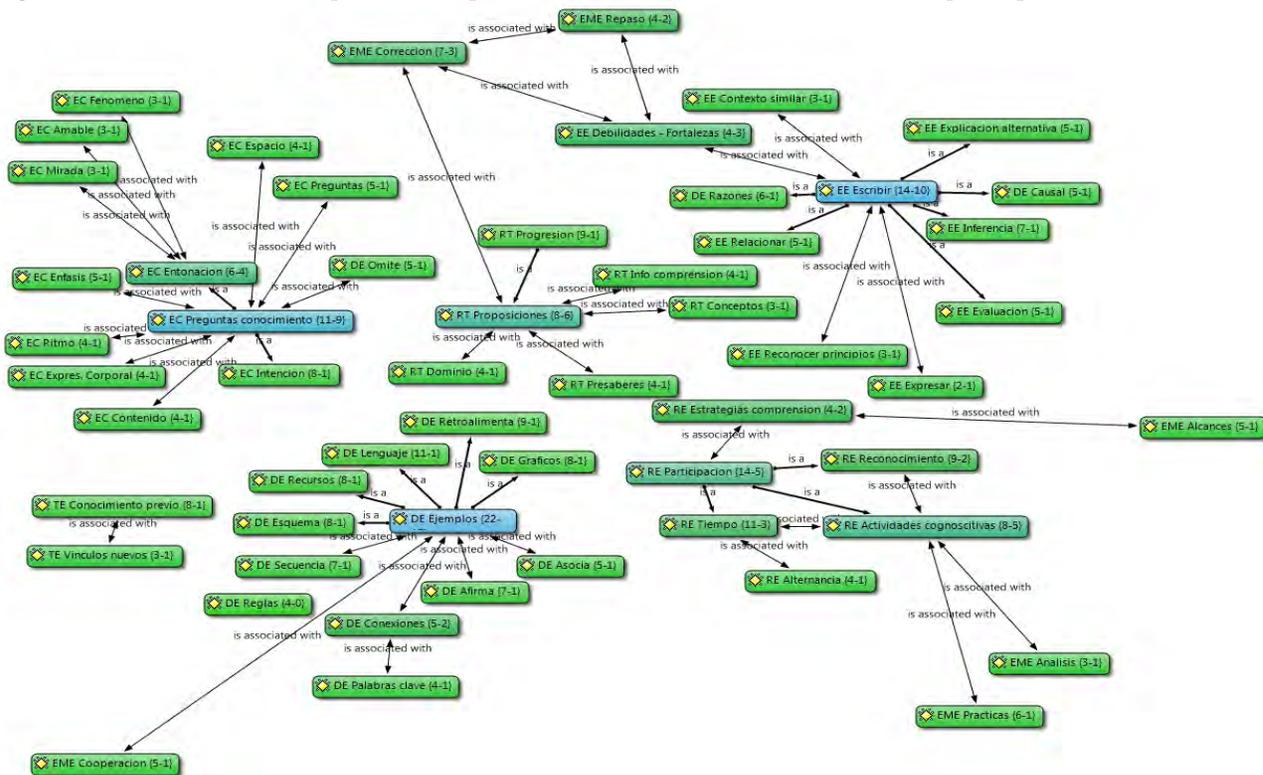
30	RM9	En la explicación el profesor utiliza prácticas de laboratorio.	RM Trabajo Práctico
31	TE1	El profesor desarrolla actividades en las cuales el estudiante pueda realizar inferencias a partir del fenómeno explicado.	TE Inferencia
32	TE2	El profesor hace escribir la explicación del fenómeno a los estudiantes.	TE Escribir
33	TE3	El profesor establece relaciones entre los conocimientos previos y el nuevo contenido al explicar fenómenos naturales.	TE Resolución de problemas
34	TE4	En la explicación el profesor evidencia una amplitud de conocimientos sobre el fenómeno estudiado.	TE Amplitud
35	TE5	En la explicación el profesor permite que el estudiante explique otros fenómenos en contextos similares.	TE Contexto similares
36	TE5	En la explicación el profesor permite que el estudiante explique otros fenómenos en contextos distintos.	TE Contexto distinto
37	TE6	Cuando una explicación NO es clara para el estudiante, el profesor genera otras estrategias de enseñanza.	TE Explicación alterna
38	TE7	El profesor permite que los estudiantes realicen preguntas relacionadas con el fenómeno natural explicado o con otros hechos similares.	TE Preguntas
39	TE9	En la explicación el docente promueve los vínculos con otras áreas.	TE Interdisciplinariedad

Transferencia

Elaboración propia. Resultado de la investigación

En la Figura 30 se aprecia la red semántica generada en el primer momento de observación de clase no participante:

Figura 30 Red semántica correspondiente al primer momento de observación de clase no participante



Elaboración propia. Resultado de la investigación Esta red semántica muestra las principales tendencias referidas por los docentes sobre el perfil de la explicación científica escolar.

Los videos fueron ingresados a la base de datos de la investigación y se procesaron con el software *Atlas Ti 7.1*.

B. Plan de análisis de la fase de diagnosis

- a. Realizada la respectiva transcripción de cada uno de los videos—dos clases de cada docente—, se procedió a realizar la codificación abierta de las unidades de análisis, utilizando como códigos las afirmaciones de la matriz de valoración de evaluación de la explicación científica escolar. Con ello se buscó identificar la presencia o ausencia de conductas asociadas a las categorías de investigación.
- b. Igualmente, se codificaron todas aquellas evidencias de conductas no contempladas en la matriz de valoración y que dan cuenta de las categorías emergentes durante la etapa de Diagnosis (línea de base).
- c. Una vez que se logró establecer la frecuencia con la que los códigos surgieron en la secuencia audiovisual, se procedió a generar la codificación axial estableciendo los supercódigos y coocurrencias de la información evidenciada. Ello permite consolidar el perfil sobre la explicación en la línea de base.

La Tabla 29 describe las co-ocurrencias que se presentaron en las dos clases observadas de cada docente, esto ayudó a la construcción del perfil inicial de la explicación docente (línea de base).

Tabla 29 *Proceso de análisis videos (Línea base)*

Categorías Teóricas	Supercódigos	Códigos	Conclusiones
Elementos contextuales	La afirmación que se destaca es EC8-Comunicación . En los videos se encuentran varias evidencias de que el docente está atento a la expresión verbal y no verbal de los estudiantes; les solicita resolver preguntas, ejercicios o aclaraciones frente a los procedimientos que realizan. Se destaca un código EME-Repaso , donde la contextualización de la explicación se produce retomando conceptos y temas estudiados previamente.	La afirmación EC8 se relaciona con EC4-Preguntas de contenido , donde se encuentra que la mayor parte de las interacciones con estudiantes se realiza en forma de preguntas para comprobar el nivel de comprensión sobre el tema que se está explicando. Así mismo, se relaciona con EC9-Énfasis , donde se encuentra que para destacar un concepto o hacer aclaraciones, el docente usa elementos escritos y no verbales para resaltar aspectos en la explicación. En los casos en los que los	Los docentes utilizan múltiples elementos contextuales para delimitar el tema y aproximarlos a la cotidianidad de los estudiantes.

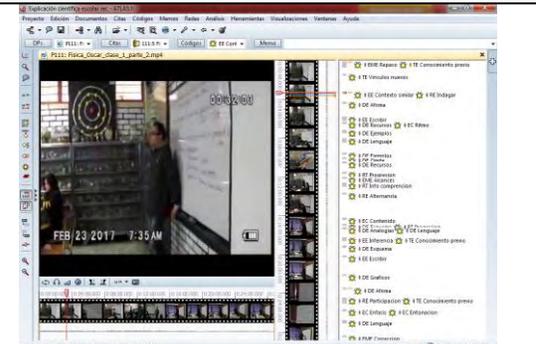
		docentes disponen modos alternativos de organización del espacio de clase, la comunicación se incrementa, por lo que se puede identificar una relación con la afirmación EC7-Espacio	
Estructuración	La principal afirmación es ES11 –estrategias de aplicación lo cual se utiliza para que el estudiante pueda comprobar los conceptos o fenómenos explicados. Dentro de ello se encuentran ejercicios de resolución de problemas, actividades de laboratorios, simulaciones, uso de materiales didácticos o improvisados en la clase.	Esta afirmación se encuentra relacionada con ES6-Ejemplos ya que el docente recurre constantemente a distintas formas de ejercitarse en la resolución de problemas similares o al análisis de este fenómeno en situaciones de la vida cotidiana. También se encuentra en alta coocurrencia la afirmación ES3-Proposiciones la cual se refiere a la presencia frecuente de enunciados por parte del docente que pretenden definir, delimitar y diferenciar un concepto (o fenómeno) con respecto a otro.	Los docentes utilizan, durante el abordaje del tema, varias estrategias para dar mayor claridad a la explicación. Los más frecuentes son las estrategias de aplicación y los ejemplos, seguidos del uso diversos de recursos y representaciones. Los que menos se hacen explícitos, son los referentes teóricos seleccionados para la explicación y la fundamentación desde la historia de la ciencia. En el proceso se verifica cierto nivel de progresión y estructura que en algunos casos condujo a omitir la explicación de aspectos que se presume el estudiante ya conoce.
Reflexión metacognitiva	La afirmación más recurrente es RM6-Conexiones el cual se evidencia en los momentos en que el docente busca relacionar el fenómeno con situaciones de la vida cotidiana o conexiones entre diferentes problemas planteados.	Se evidenció la presencia de la afirmación RM5-Contrastación lo cual significa que los ejercicios para resolver problemas buscan evaluar la comprensión del estudiante y, a partir de esta evaluación, realizar aclaraciones o corregir aspectos en la conceptualización y procedimientos asociados. Se encuentran también asociadas las categorías EME Trabajo cooperativo , en los casos donde los docentes proponen actividades para desarrollarse en grupos de estudiantes y la comprensión del tema se afianza. La categoría EME Prácticas que se relaciona con la regulación que el docente ejerce para generar prácticas y procedimientos adecuados en actividades de aula y de laboratorio. La categoría EME Corrección	Se evidencia carencia de elementos de reflexión metacognitiva durante la explicación. Dentro del diseño de la explicación está claramente establecido el uso de ejemplos y de ejercicios de resolución de problemas, que retroalimenta al docente sobre la comprensión. Sin embargo, otros elementos como la revisión del diseño, los ajustes al diseño y la incorporación de elementos históricos no se evidencian explícitamente.

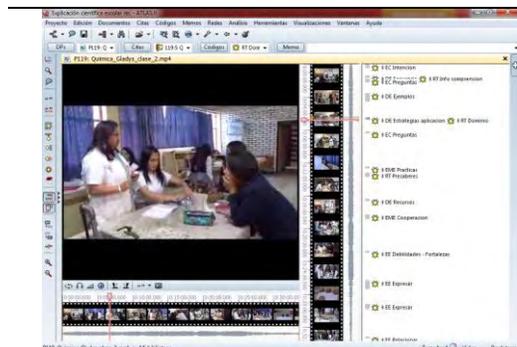
		donde el docente dedica parte de la explicación a evidenciar los errores cometidos por los estudiantes y cómo llegar a la conclusión o el resultado correcto.	
Transferencia	<p>En cuanto a transferencia se destaca la afirmación TE2-Escribir donde se indica que el profesor hace escribir a los estudiantes la explicación del fenómeno. En ello hay que resaltar que, en la mayoría de casos, lo que los estudiantes escriben es un dictado.</p> <p>Asociado a esta categoría, se presentaron varias evidencias de dos categorías emergentes: EME Alcances, en la cual los docentes resaltan las aplicaciones que ese conocimiento podría tener para el estudiante (p. e. para el examen <i>Saber 11</i>—examen que se aplica a los estudiantes de último grado de secundaria en Colombia—, para la universidad, etc.).</p> <p>Otra categoría emergente corresponde a EME Análisis, en la cual el docente no hace una corrección directa sobre una respuesta errónea, sino que invita al estudiante a reflexionar sobre su respuesta y verificar alternativas. Esta se considera una participación distinta del estudiante en la explicación.</p>	<p>Se encuentran asociadas las afirmaciones de TE1-Inferencia, donde las actividades, los ejercicios o los problemas propuestos durante la clase se van desarrollando hasta conducir al estudiante hacia una o varias conclusiones. En la mayoría de casos, las conclusiones son consolidadas por el docente, sin embargo, en un caso, un docente conduce a que los estudiantes emitan sus propias conclusiones.</p> <p>También se encuentra la afirmación TE6-Explicación alternativa donde el docente implementa diferentes métodos para aclarar algunos aspectos del tema que se está explicando. Algunas de estas explicaciones alternativas incluyen en los ejemplos al mismo estudiante como personaje activo del ejemplo.</p>	<p>Si bien se identifican varios aspectos relacionados con la Transferencia en cuanto a la explicación, se podría considerar que son aspectos inadecuados, ya que hay una participación predominante del docente en las conclusiones sobre el tema.</p> <p>Se evidencia que hay pocos espacios para que los estudiantes pregunten o propongan sus propias comprensiones. En cuanto a la interdisciplinariedad, se observa que los docentes tienden a conservar delimitada la explicación sin relacionarla con otras ciencias naturales.</p>

Elaboración propia. Resultado de la investigación Los códigos mencionados en esta tabla hacen referencia la codificación establecida para las piezas audiovisuales (véase Tabla 28).

A continuación, en la Tabla 30 se anexan algunos pantallazos de la transcripción en el software *Transana 3.0* y de la codificación abierta en *Atlas Ti 7.1*.

Tabla 30 Categorías representadas con imágenes

Imagen	Descripción	Categoría Representada
	<p>La docente usa el tablero para resaltar la diferencia entre propiedades generales y específicas de la materia. Mientras escribe también les dicta a los estudiantes</p>	<p>Evaluación (Estructuración de la explicación Escribir)</p>
	<p>Los estudiantes han terminado la preparación de soluciones saturadas, insaturadas y sobresaturadas. Cada uno realiza una explicación de cómo se prepararon y qué aspectos tuvieron en cuenta.</p>	<p>Evaluación (Estructuración de la explicación Expresar)</p>
	<p>El docente está diferenciando las ramas de la química (orgánica e inorgánica), y con el ejemplo de las plantas, se refiere a la xilema y el floema como las estructuras que en el cuerpo humano se llaman venas y arterias. Cuando los estudiantes identifican la función se las venas y arterias, concluyen las funciones del xilema y el floema.</p>	<p>Evaluación (Estructuración de la explicación Contexto similar)</p>



La docente explica a cada grupo qué consideraciones deben tener en cuenta para preparar una solución saturada. En este grupo hace aclaraciones sobre la temperatura necesaria en el solvente para que cumpla su función.

Referentes teóricos
(RT Dominio)



El docente intenta obtener de la vida cotidiana ejemplos donde se evidencie la presencia de sustancias químicas. A la pregunta *¿Con qué tomamos el café?*, algunos estudiantes contestaron:
—*¡Con la taza!*
—*¡Con pan!*

Referentes teóricos
(RT Progresión)

El docente usa las dos respuestas para referirse a la cerámica de la taza y al pan como compuestos químicos. Después de ejemplificar, enuncia las conclusiones que han obtenido los estudiantes.



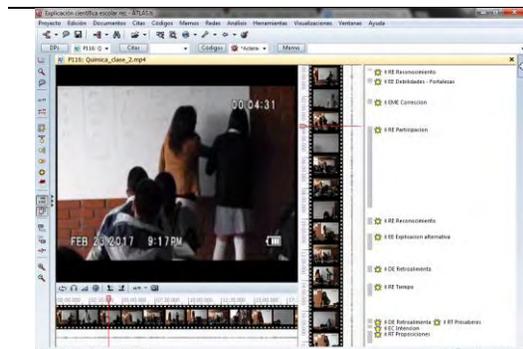
la docente indaga cuáles son las unidades de conversión de la masa que los estudiantes conocen

Referentes teóricos
(RT Presaberes)



El docente está revisando los cuadernos de los estudiantes con un ejercicio que acaban de resolver. Cuando llega la estudiante, la mira y reconoce ante todos que es la única estudiante que hizo todo el proceso en la resolución del ejercicio. Los compañeros aplauden.

Retroalimentación
(RE Reconocimiento)



La docente elabora ejercicios sobre densidad y permite que los estudiantes desarrollen el ejercicio en el tablero. Los demás estudiantes participan desde sus puestos para aclarar el procedimiento

Retroalimentación
(RE Participación)

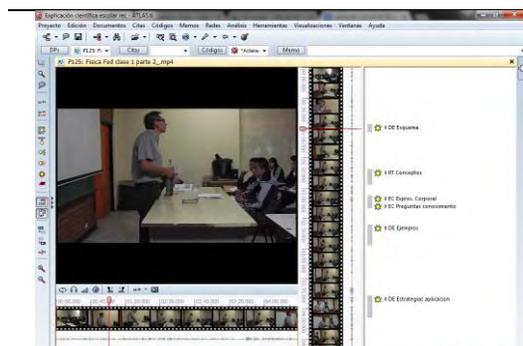


La profesora invita a acercarse al tablero a un estudiante para desarrollar un ejercicio. El estudiante se rehúsa, porque afirma que no entiende. El diálogo continúa de la siguiente manera:

Retroalimentación
(RE Tiempo)

Docente: *Entonces, ¿qué va a pasar en el examen si no entiende?, ¿y usted, por qué no me ha dicho que no entiende?*

Estudiante: *¿A qué horas?*



Para abordar el estudio del movimiento, el docente enumera los conceptos implicados. Enuncia que iniciará con la explicación de la distancia.

Diseño de la Explicación
(DE Esquema)



Mientras el docente plantea la diferencia entre la distancia y el desplazamiento, les pregunta a los estudiantes:

Elementos contextuales
(EC Expresión Corporal, EC Preguntas de conocimiento)

Docente: *La distancia con el valor numérico y unidad, quedaba definido, pero ¿con el desplazamiento qué pasa?, ¿qué necesito?*

En esta acción usa los dedos de sus manos para enumerar otro elemento (la dirección).

	<p>El docente saluda a los estudiantes, les da la bienvenida al laboratorio y les solicita entregar el formato de acuerdos, donde se indican los compromisos por parte de los estudiantes y los padres de familia para el desarrollo de los laboratorios.</p>	<p>Diseño de la Explicación (DE Reglas)</p>
	<p>El docente usa una botella plástica que contiene agua. Señala el espacio que contiene aire para preguntar si ese aire está ocupando un espacio.</p>	<p>Diseño de la Explicación (DE Recursos)</p>
	<p>La docente propone una guía de laboratorio. Una de las actividades es la medición de la estatura de un compañero. Todos los estudiantes participan.</p>	<p>Categoría Emergente (EME Cooperación)</p>
	<p>Los estudiantes están aprendiendo a tomar la temperatura, pero los valores que tomaron en principio son distintos a los que se apuntan cuando la docente verifica. Ellos se muestran confundidos, la profesora les explica que, en cuanto el termómetro se aleja del cuerpo, inmediatamente empieza a enfriar.</p>	<p>Diseño de la explicación (DE Retroalimentación)</p>

Elaboración propia. Resultado de la investigación

Las categorías emergentes se enlistan a continuación en la Tabla 31:

Tabla 31 *Categorías emergentes en la práctica de la explicación científica escolar*

**Categorías Emergentes- Empíricas
Surgen en el campo de investigación**

- Repaso**
- Alcances
- Corrección
- Prácticas
- Cooperación

Elaboración propia. Resultado de la investigación

En la Tabla 32 se hace la descripción e ilustración de las categorías emergentes.

Tabla 32 Descripción de los códigos emergentes

Código	Categoría Emergente	Definición	Cita
EME Repaso		Se refiere a fragmentos de la explicación donde el docente se dedica a realizar repastos sobre clases pasada y verificar el nivel de comprensión.	<p>PCNE05: ...¿por el tallo!, ¡sí!, pero ¿por medio de qué lo realiza?</p> <p>Estudiante: Por el xilema.</p> <p>PCNE05: Por el xilema y el floema, ¡correcto! Y se transporta la savia, que puede ser de dos formas. ¡Eso ya lo estudiamos!</p> <hr/> <p><i>¡Bueno jóvenes, para el día de hoy vamos a hacer un pequeño resumen de los conceptos que hemos manejado hasta ahora!</i> (PCNE01)</p>
EME Alcances		Se refiere a afirmaciones de los docentes que denotan los alcances del conocimiento o posibilidades que puede generar el conocimiento en diferentes contextos.	<p><i>Vamos copiando en el cuaderno. ¡Tenemos que estudiarlo! ¡No sirve de nada dejarlo ahí...hasta que llegue la próxima semana! ¡Ustedes tienen que revisar los apuntes en la casa para que les vaya bien en los exámenes! ¡Listo? ¡Para eso es el cuaderno: para ir tomando los apuntes!</i> (PCNE05)</p> <hr/> <p><i>...Vamos ir haciendo, de manera muy general, y yo voy haciendo conclusiones hacia lo que el ICFES Saber 11 suele preguntar.</i> (PCNE04)</p> <hr/> <p><i>...el que tenga menos masa tiene menos peso. ¡Hagan el esquema porque esto en el ICFES Saber 11 sí que les sale!</i> (PCNE04)</p> <hr/> <p><i>¡Cómo lo haría! ¡Eso es lo que el ICFES Saber 11 les pregunta!</i> (PCNE04)</p> <hr/> <p><i>¡No solo la química se queda en la clase, también nos afecta en la vida cotidiana!</i> (PCNE02)</p>
EME Corrección		Se refiere a prácticas de los docentes con la intención de corregir afirmaciones, procesos, concepciones o creencias equivocadas de los estudiantes. El docente se ocupa en demostrar por qué la información o conclusión que el estudiante aporta es inadecuada.	<p><i>¡Ordenemos nuestros pensamientos!, ¡ajojo con eso!, ¡debemos interpretar bien los conceptos porque si nosotros, desde un principio, tenemos dificultades y no podemos visualizar ni una unidad...!</i> (PCNE05)</p> <hr/> <p><i>¿Qué es masa? ¡Todo lo que nos rodea!, ¡todo lo que nos rodea es materia!...Pero yo digo masa, que es una propiedad de la materia.</i> (PCNE04)</p>

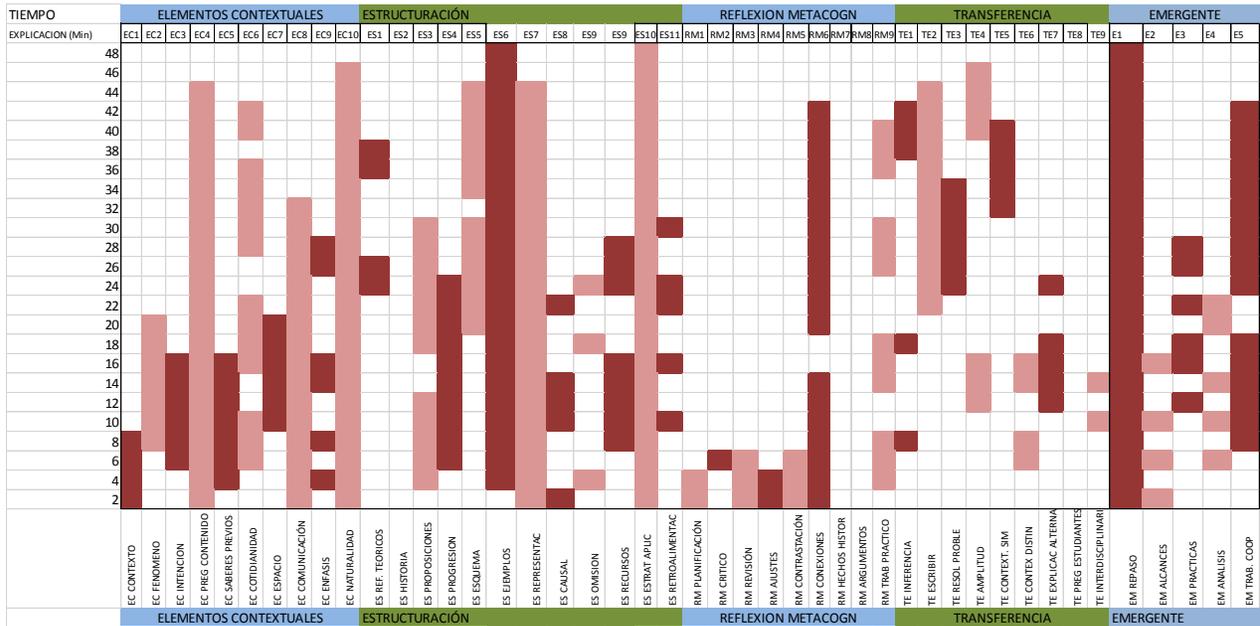
		<i>...Sí, después de la coma hay cero. ¡No importa! ¡Da lo mismo que tenga dos o tenga tres!, ¿qué diferencia va a haber entre uno y uno?, ¿coma, cero? (PCNE04)</i>
		<i>¿Un cuaderno mide 1.84 gramos? ¡Présteme para pesarlo! ¡Es que es pequeñito!... ¡Venga, pesémoslo! Le da 193 gramos. No, 1.84. (PCNE01)</i>
EME Práctica	Se refiere a la intervención del docente en la ejecución de procedimientos apropiados para el contexto científico.	<i>¿Un cuaderno mide 1.84 gramos? ¡Présteme para pesarlo! ¡Es que es pequeñito!... ¡Venga, pesémoslo! Le da 193 gramos. No, 1.84. (PCNE01)</i>
		<i>¡Miren qué hago! Lleno un recipiente hasta una determinada medida de agua. Lo adecuado es que utilice una probeta. (PCNE04)</i>
EME Cooperación	Consiste en los escenarios donde el docente deja de orientar de forma directiva la explicación y permite que entre estudiantes trabajen de forma cooperativa para la comprensión de un tema o desarrollo de una actividad.	<p>Estudiantes: <i>¡Ya profe!</i> PCNE02: <i>¡Sí terminó!, ¡listo!, ¿terminaron los dos?, ¿lo hicieron juntos?</i></p> <p>Estudiantes: <i>No.</i> PCNE02: <i>Comparen los resultados.</i></p> <hr/> <p>PCNE02: <i>¿Los tres terminaron?</i> Estudiantes: <i>¡Sí!</i> PCNE02: <i>¡Vengan, por favor! Comparen los resultados.</i></p> <hr/> <p>PCNE02: <i>¡Vaya comparta con sus compañeros!</i> Estudiante: <i>¡Sí explícanos que yo no entiendo!</i></p> <hr/> <p>¡Espere! ¡Ponga la balanza en cero!... ¡Eso, ahí! ¡Vea! Bueno, ¿quién tiene la taza?, ¡necesito una taza! (PCNE02)</p>
EME Análisis	Busca profundizar en los argumentos del estudiante frente un resultado, conclusión u opinión.	<i>¡Más!... ¡Menos, menos!... Bueno, analicen la respuesta y luego las confrontamos. (PCNE01)</i>
		<i>El aire ocupaba un volumen. ¿Sí ocupaba un volumen?, ¿cómo redactaríamos la conclusión? (PCNE01)</i>
		<p>Estudiante: <i>Gramos.</i> PCNE02: <i>¿Deberíamos convertirlo a qué?</i> Estudiante: <i>A moles.</i> PCNE02: <i>Si recordamos el concepto de peso molecular, de la clase anterior, ¿por qué debemos hacer la conversión de gramos a moles?</i></p>

Elaboración propia. Resultado de la investigación

4.2.3 Perfil de la explicación científica escolar (Línea de base).

A continuación, se presenta la gráfica que representa el perfil inicial de la explicación de acuerdo con la co-ocurrencia de varias conductas dentro del proceso de explicación. El perfil obtenido se contrastará con el perfil final de la explicación es representado en la Figura 31.

Figura 31 Perfil de la explicación científica escolar. Momento 1



Elaboración propia. Resultado de la investigación

A partir de estas co-ocurrencias se procedió a elaborar el perfil de la explicación dentro de cada categoría.

La mayoría de elementos fuertes de la explicación se agrupan en los primeros 30 minutos de la clase: fundamentos teóricos, énfasis y resaltar conceptos claves en la primera parte. En los últimos minutos empieza la ausencia. Durante toda la clase se mantienen los ejemplos.

En la Figura 31 se expresan las conductas que presentan mayor concurrencia en la explicación de los profesores de ciencias naturales. Hay categorías que se expresan en la matriz de valoración

que no se evidencian en la explicación, por tanto, se aprecian vacíos en la explicación como los aspectos relacionados con la categoría historia de la ciencia.

En la categoría denominada elementos contextuales se evidencia la presencia de acciones que desarrolla el docente para la presentación del tema a explicar, la definición de la intención del mismo, la formulación clara de preguntas para evidenciar los conceptos y las habilidades previas de los estudiantes. Es importante resaltar que desde este momento el docente vincula los lineamientos establecidos para la enseñanza de las ciencias.

En la explicación los docentes utilizan diferentes elementos de expresión corporal, facial y uso de silencio para hacer énfasis en aspectos que se considerandos relevantes dentro de ella. En el perfil se omitieron elementos relacionados con resaltar la importancia de la investigación científica y el trabajo de los científicos en el desarrollo de la ciencia.

No se desarrollan con frecuencia preguntas de contenido dentro de la explicación, en la mayoría de los casos las preguntas se centran en el ¿qué?

En la categoría de referentes teóricos, no se presentó ninguna acción en donde el profesor utilice hechos relevantes de la historia de la ciencia. Es muy frecuente el desarrollo de actividades para destacar conceptos estructurantes del fenómeno y el uso de proposiciones que demuestran el dominio de los docentes sobre las temáticas explicadas. En general, las explicaciones se desarrollan bajo una progresión temática, relacionando los saberes previos de los estudiantes con los conceptos que el docente trabajará en la explicación, lo cual se constituye en una fortaleza.

Hay una diferencia sustancial entre las expresiones verbales utilizadas al momento de explicar la clase con relación a las utilizadas al dictar la clase para ser consignadas en el cuaderno, particularmente, se encuentra que un docente utiliza el libro de texto para el dictado de la clase.

En la categoría sobre diseño de la explicación, los docentes presentan un esquema para el desarrollo de la explicación de los fenómenos, se condiciona la respuesta de los estudiantes a través de la formulación de preguntas y hay una secuencia en la presentación del contenido de la explicación. No se hace evidente la planificación de recursos de la explicación. El tablero, generalmente, se utiliza para escribir ejemplos a desarrollar, pero no se realizan esquemas gráficos que representen significativamente la clase en donde se destaquen los conceptos estructurantes.

Cabe resaltar que el uso de ejemplos se mantiene durante toda la clase, al igual que el de los modelos y analogías para conectar algunos fenómenos de la naturaleza con la vida cotidiana. Se utilizan simulaciones y recursos de laboratorio para la explicación de la clase.

Abordan sistemáticamente los conceptos vistos en clase a través del desarrollo de prácticas de laboratorio. No se evidencia de manera significativa el desarrollo de tareas. Se explica la clase utilizando proposiciones causales y estableciendo razones. El profesor hace énfasis en las palabras clave utilizando repeticiones para hacer diferencia con otros términos. Se hace uso de diferentes conectores. Algunos docentes suprimen información al considerar que los estudiantes ya la tienen o la conocen. Las explicaciones se caracterizan por realizarse con un lenguaje adecuado y, finalmente, se hace retroalimentación utilizando ejemplos con los que se busca la comprensión de la explicación.

Hay mayor participación de los estudiantes en la primera fase de la clase, es decir, en el momento de la contextualización de la explicación, al igual que la indagación sobre el conocimiento. Se aceptan la sugerencia de los estudiantes.

El reconocimiento a la participación de los estudiantes se hace con afirmaciones como *¡Bravo!*, *¡Excelente!*

Hay la disponibilidad del profesor para volver a explicar el tema realizando aclaraciones, sin embargo, no se evidencia que haya un espacio específico para el desarrollo de esta actividad.

Algunos docentes evalúan la comprensión de los estudiantes con el desarrollo de ejercicios en el tablero, los cuales se convierten en un apoyo para aclarar dudas y para corregir procedimientos. Ante la no comprensión de una temática, no hay desarrollo de otras estrategias de enseñanza sino que se intenta ampliar la explicación con otros ejemplos relacionados con la cotidianidad.

Se evidencia estados de alternancia entre el comprender y no comprender presentándose espacios de silencio.

El diseño de la explicación no se hace evidente y no se revisa con los otros docentes. No hay ajuste al diseño producto de una reflexión del diseño de la explicación. En la categoría de evaluación el profesor planifica las evaluaciones; solo en un docente de los analizadas se hace coevaluación.

El profesor permite que los estudiantes expresen y sintetizen ideas centrales a través de la presentación de experimentos. En las clases de laboratorio se prioriza establecer relaciones y conectar los conceptos con otros fenómenos realizando inferencias.

El ejercicio de escritura en los estudiantes es un trabajo de dictado. No se hace evidente la comprensión de los estudiantes sobre un fenómeno a partir de un ejercicio de escritura propio.

El profesor establece relaciones entre el conocimiento previo y el nuevo haciendo hincapié en los conocimientos que han trabajado por sí mismos los estudiantes. No se evidencia relación con conceptos previos de otras asignaturas o vistos en años anteriores. No se observa interdisciplinariedad entre física y química. No se constata transferencia hacia la explicación con otros fenómenos. Los estudiantes no logran explicar fenómenos similares con base en la explicación dada por el profesor, valga la redundancia.

En las explicaciones de la clase de química se aprecia el establecimiento de vínculos con nuevos contextos.

Entre las *categorías emergentes* se encuentran:

- A. *Repasos* en donde se revisan los conceptos estudiados hasta el momento.
- B. *Alcances* se trata de afirmaciones que los docentes hacen sobre la trascendencia que puede tener el concepto en otros contextos, por ejemplo, el examen *Saber 11*, la universidad, la vida cotidiana.
- C. *Corrección* se refiere a las prácticas de los docentes en relación a la corrección de afirmaciones, procesos o creencias equivocadas. El docente se ocupa de explicar por qué lo afirmado por los estudiantes está mal.
- D. *Prácticas* es la intervención del docente para ejecutar procedimiento adecuados, por ejemplo, cómo usar los instrumentos de laboratorio, la ley de la oreja, despejar fórmulas,...etc.
- E. *Cooperación* la cual posibilita que los estudiantes colaboren entre sí con el propósito de aclarar dudas.

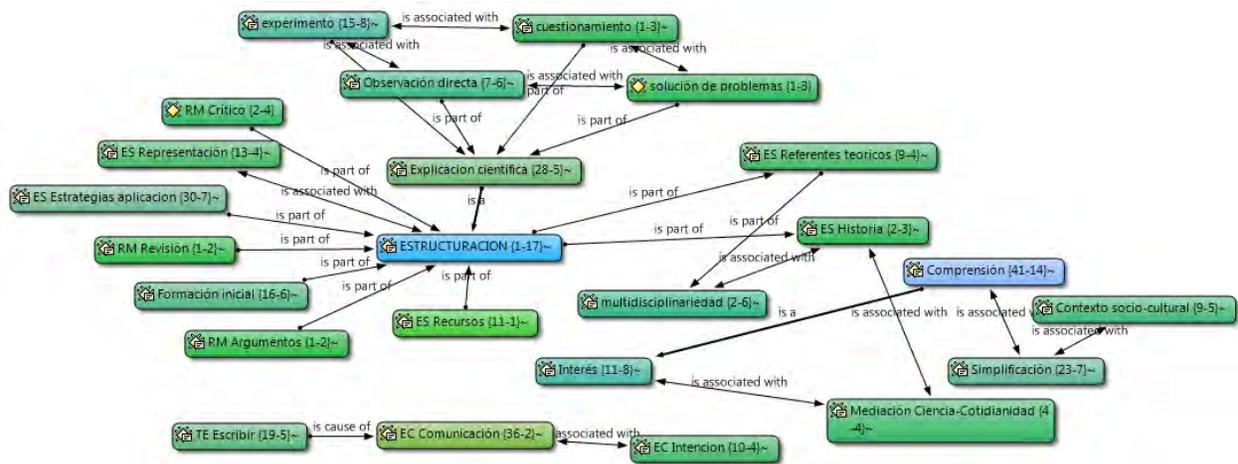
Todo lo dicho hasta ahora evidencia que: *a)* la explicación es muy directiva, *b)* se prioriza la comunicación unidireccional, *c)* no se articulan elementos de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar, *d)* la participación de los estudiantes se limita a responder las preguntas que el docente realiza y *e)* no hay un proceso de escritura propio de los estudiantes quienes se limitan a consignar en el cuaderno las notas que el profesor dicta.

4.3 Eje 2: Diseño de actividades de aula que generan los docentes haciendo uso de la historia de la ciencia

4.3.1 Taller de formación docente 1 Historia de la ciencia. Aportes para la enseñanza de la ciencia en el aula escolar.

En los talleres de formación docente sobre historia de la ciencia se hizo formación a los docentes sobre las temáticas descritas en el marco metodológico de la investigación a través del desarrollo de actividades de lectura, exposición y reflexión. En la Figura 32 se representan la red semántica obtenida de estos talleres.

Figura 32 Red semántica correspondiente al taller de formación docente en historia de la ciencia



Elaboración propia. Resultado de la investigación

A continuación, en la Tabla 33 se hace un análisis de la información derivada de la red semántica:

Tabla 33 Descripción de los códigos emergentes del taller en formación en historia de la ciencia

Supercódigo	Códigos Principales	Códigos Subordinados
<p>No se obtuvo ningún código de alta recurrencia. Sin embargo, los talleres de formación docente contribuyen de diferentes formas respecto a la planificación y la estructura de la explicación científica escolar.</p>	<p>Estructuración De acuerdo con los autores analizados en los talleres de formación, se proponen unas acciones o procedimientos para desarrollar una explicación científica. Los docentes demuestran aceptación e interés por acoger esas prácticas y organizarlas en una secuencia que sea facilitadora para los estudiantes.</p>	<p>Recursos Resulta interesante que los talleres de formación generaron en los docentes aportes a la estructuración de la explicación, particularmente, se refleja inquietud por recursos audiovisuales o de texto relacionados con la historia de la ciencia y sus posibles usos directamente con los estudiantes. Se encuentra un cambio significativo en la relación de los recursos con la explicación, mientras que en la línea base existía una importante ausencia de planificación de los recursos.</p>
	<p>CÓ:ESTRUCTURACION (1-18)~ Faraday maneja una estructura mas o menos estable en sus conferencias, las cuales usaba para divulgar el conocimiento: presentación, saludo, agradecimiento al publico, intención, explicación, experimentación, observación directa, y analisis de situaciones propuestas por el público</p>	

CÓ:ES Recursos (11-1)~

tendríamos que buscar la manera para ver cómo conectamos a los chicos para que se interesen en la ciencia... Con las conferencias de la Royal

Los talleres de formación ampliaron la *fundamentación teórica* de los docentes sobre la explicación científica en contexto escolar y el ciclo de la explicación, además contribuyeron a reforzar otros códigos que ya estaban presentes como *comunicación, evaluación, observación directa, experimentación, simplificación, mediación ciencia – cotidianidad*, los cuales terminaron organizándose con una intencionalidad más clara en cada curso que manejó cada docente.

Revisión

Los docentes demuestran un ejercicio permanente de contrastación entre el contenido de los talleres de formación y sus prácticas de enseñanza actuales. Muchos expresan formas de ajustar sus contenidos o las estrategias para introducir o ampliar ciertos temas dentro de la programación curricular.

CÓ:RM Revisión (1-2)~

en química se puede considerar un tema sobre Historia de la Química, las etapas y los procesos para llegar a la química moderna, así si se puede trabajar con grupitos y que cada uno investigue una etapa, eso si se puede

Estrategias de aplicación

Los docentes expresan modos posibles de profundizar en temas como lo hacía Faraday en el estudio de algunos fenómenos. Igualmente, consideran que es necesario responder a la formación en los contenidos mínimos del área.

CÓ:ES Estrategias aplicación (30-7)~

proponer como estrategia el proyecto de investigación en ciencias para lograr profundizar un poco más sobre un tema, sin embargo no es posible con todo el contenido curricular. Los docentes de bachillerato están supeditados a las pruebas icfes por lo cual deben abarcar los contenidos evaluados

Formación inicial

Los docentes retomaron aspectos de su formación inicial en los que encuentran semejanza con los talleres de formación docente. Algunos rescatan que *“en las ciencias naturales la formación se concentró en aspectos teóricos de las ciencias modernas y no de su proceso histórico, de ahí la dificultad para introducir la historia de las ciencias en su práctica”* docente. Sin embargo, también se resalta que, en su formación inicial, hubo cursos que aportaron a la ampliación de la visión histórica y filosófica de la disciplina.

CÓ:Formación inicial (16-8)~

Filosofía de la física, recuerdo que nos dio un profesor. espectacular, fue otro cuento, fue el estudio de la historia de la física como fue desde la filosofía.

Crítico

En el ejercicio de contrastación con los talleres de formación y la formación inicial, los docentes identifican cambios en el contexto de su formación y el de la formación de sus actuales estudiantes. La motivación y el interés del estudiante puede ser un factor decisivo a la hora de desarrollar una explicación. También se revisó críticamente el cambio histórico con relación a los discípulos de Faraday y las nuevas disposiciones en el modelo educativo. Todas estas consideraciones pueden conducir a un diseño de la explicación más centrado en el contexto y los recursos actuales.

Reflexión metacognitiva argumentos

Los docentes expresaron razones para propiciar el estudio de la historia de la ciencia. Además, identificaron que la narrativa puede ser facilitadora en la comprensión de muchas temáticas.

Elaboración propia. Resultado de la investigación

4.3.2 Taller de formación docente 2 Historia química de una vela.

Con la lectura del caso presentado en el libro *La historia química de una vela* de Michael Faraday (2004) se profundizaron muchos conocimientos sobre la combustión de la vela desde la biología, la química y física; además, se resaltaron, mencionaron y utilizaron nuevos conceptos. La terminología utilizada por los docentes da cuenta de un abordaje profundo del fenómeno estudiado.

En la elección del tema se incorporaron prácticas experimentales pues los docentes realizaron la réplica de los experimentos que consideraron interesantes; así mismo, varios profesores consideraron estrategias específicas para aprendices jóvenes caracterizadas por ser lúdicas, ajustarse a su contexto y, especialmente, fomentar la curiosidad de los participantes.

En este punto, la explicación de la combustión de la vela es asumida por todos los docentes en el escenario del laboratorio, por lo tanto, se da prioridad a la observación directa y al aprendizaje experimental.

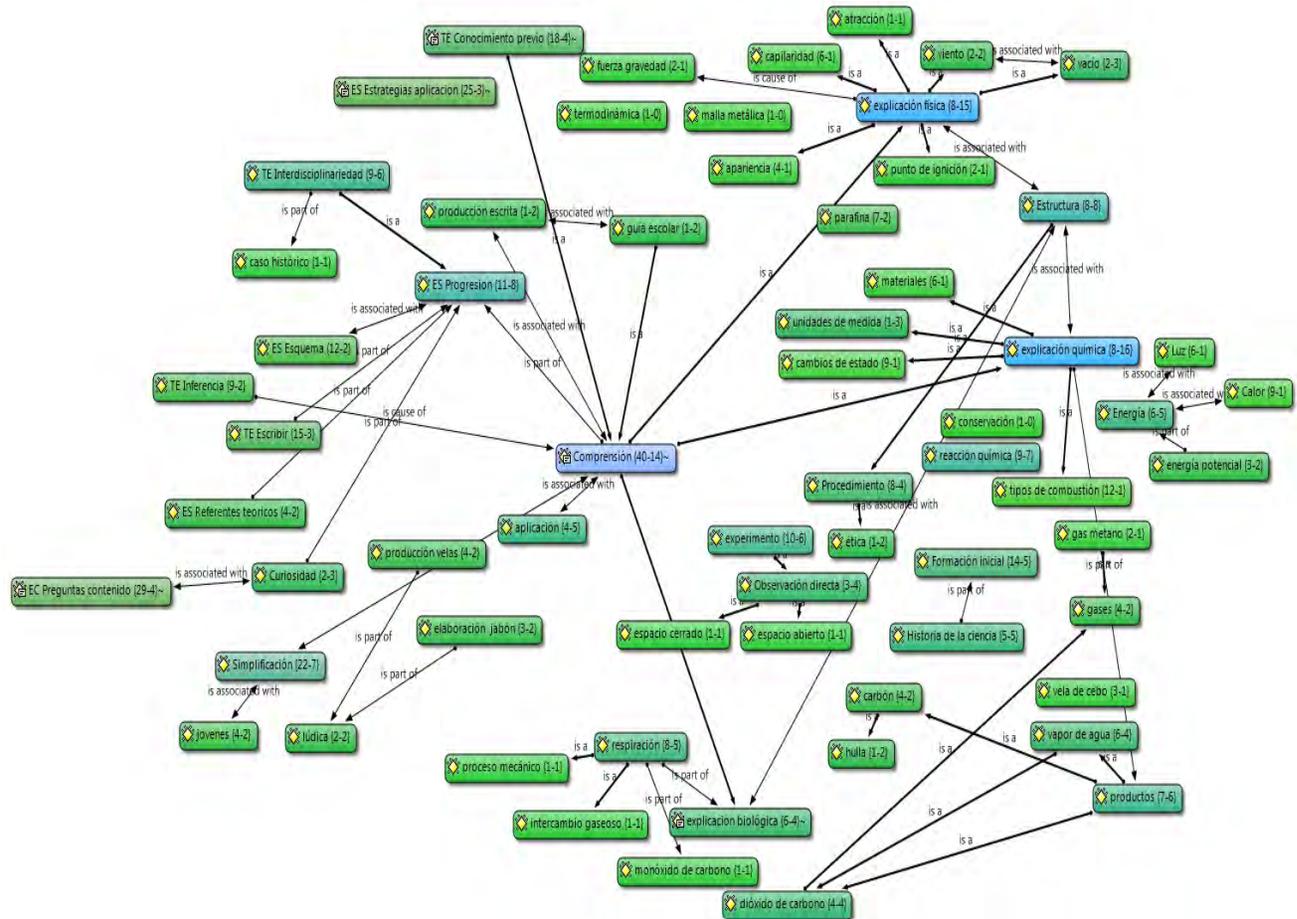
Otro aspecto interesante es que para generar aplicaciones relacionadas con la cotidianidad de los estudiantes, se incluyen dentro de los laboratorios actividades que conducen a la elaboración de productos con base en los materiales estudiados.

Es importante resaltar un cambio interesante en la toma de decisiones por parte de los docentes. Al principio del proceso, los profesores tendían a delimitar el tema que iban a explicar, no obstante, en este punto de la investigación, empiezan a incluir—en sus notas y en la elección de las temáticas—la posibilidad de realizar clases en las cuales se brindara a los estudiantes explicaciones más inter y multidisciplinarias

En este momento del estudio surge la innovación como categoría emergente en cuanto se busca proponer temas y métodos no contemplados para la formación de los grados décimo y undécimo. Esto permite inferir que el estudio de la combustión de la vela desde la revisión histórica, ha permitido que los docentes consideren este fenómeno como un marco a partir del

A partir de la lectura del caso histórico, los PCNE realizan la selección de hechos relevantes para el diseño de la explicación como se ilustra en la Figura 34.

Figura 34 Red semántica correspondiente a la selección de los hechos relevantes del caso histórico



Elaboración propia. Resultado de la investigación

La lectura del libro de Faraday (2004) incrementó el conocimiento que los docentes tenían sobre el fenómeno de la combustión y les permitió entender de forma sencilla la explicación realizada por su autor. Atendiendo a este criterio de sencillez, los profesores, a su vez, deciden construir de la misma manera la explicación para los estudiantes. En esa media, la comprensión aparece como un supercódigo al seleccionar los temas para el diseño de la explicación. Este código permanece relacionado con la simplificación y la progresión. En la Tabla 34 se describen los códigos principales y subordinados derivados del análisis.

Tabla 34 Descripción de los códigos derivados del estudio del caso histórico

Códigos Principales	Códigos Subordinados
Simplificación	Explicación física

Los docentes eligieron hacer réplica de los experimentos, ya que consideraron que, a través de ellos, la descripción y el desarrollo eran más sencillos y comprensibles para los estudiantes.

Progresión

Los experimentos planeados para replicar, constaban de estructura y proponían una secuenciación de la explicación.

La forma en la que se presentó la explicación a través de los experimentos, permitió ampliar la comprensión de conceptos propios de la física, la química y la biología, además del diálogo entre estos.

Además de las descripciones iniciales sobre cambios físicos y la apariencia, se suman aportes como la relación del fenómeno de la combustión con el viento, la fuerza, la termodinámica, la capilaridad, la energía, la luz y el calor.

Explicación química

A las descripciones sobre cambio químico y reacción química, se sumaron temáticas como las diferencias entre el gas y el vapor, las propiedades de los gases, el estudio del agua como producto de la combustión, el estudio de materiales, la conservación de la materia y la vela de cebo.

Explicación biológica

En cuanto a la respiración, se incrementó la complejidad de la explicación, relacionando la fotosíntesis, el intercambio gaseoso y el proceso mecánico de la respiración.

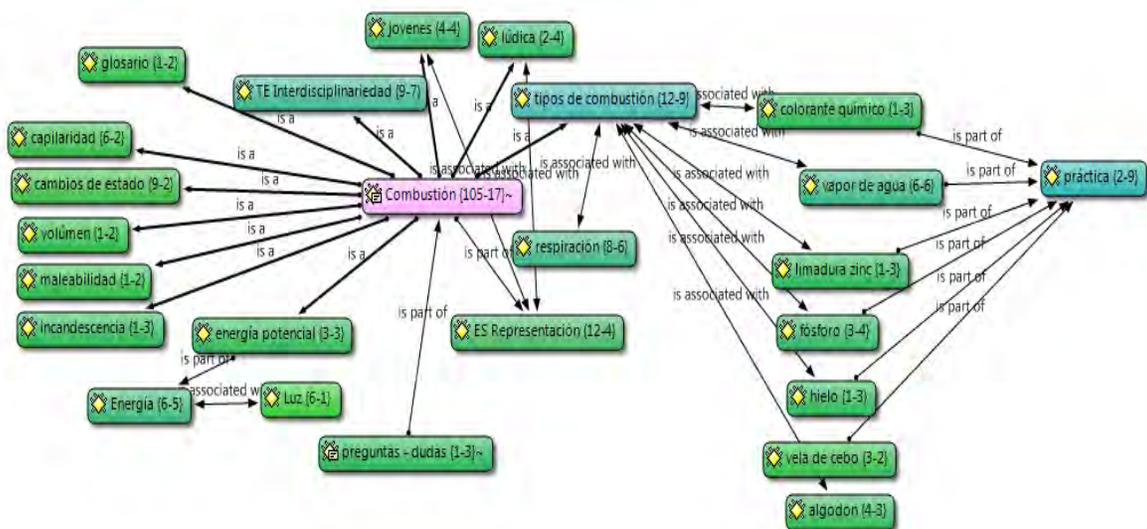
Interdisciplinariedad

La conversación entre las disciplinas fue más fluida, surgieron planes de experimentos conjuntos, comparación entre los fenómenos asociados desde cada disciplina, alusión a experiencias formativas previas integradas, así como algunos vínculos nuevos con historia de la ciencia.

Elaboración propia. Resultado de la investigación

En la red semántica de la Figura 35 se representan los códigos encontrados en el análisis de los hechos relevantes del caso histórico.

Figura 35 Red semántica correspondiente al taller diseño de la explicación científica escolar 6 selección de los hechos relevantes



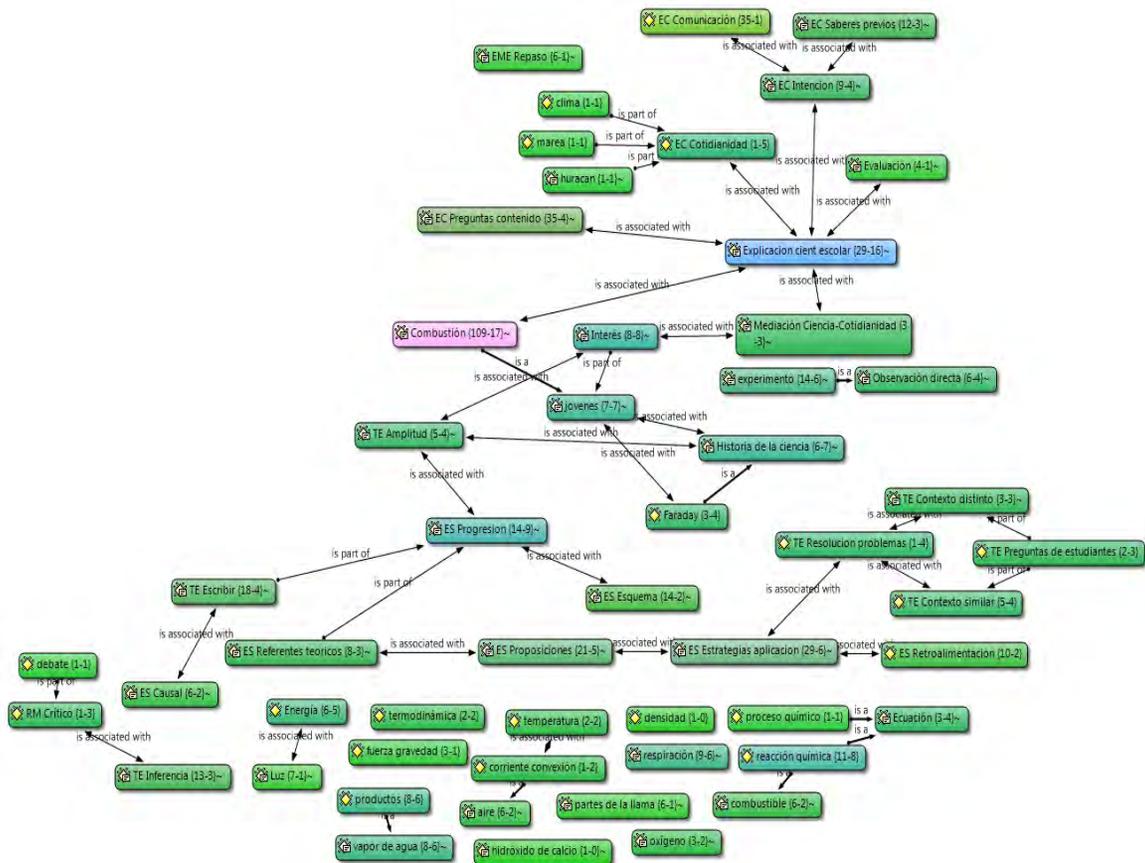
Elaboración propia. Resultado de la investigación

Por otra parte, en los libros leídos por los profesores—como producto de una lectura activa—se observan anotaciones que incluyen diagramas, preguntas, analogías y posibles formas de llevar la explicación del fenómeno de la combustión al aula de clase. Es recurrente la selección del estudio sobre los tipos de combustión de lo cual se deduce una ampliación sobre los conceptos que se asocian a la combustión—maleabilidad, capilaridad, corrientes de convección e incandescencia—también se evidencia el interés de los profesores por desarrollar experimentos con materiales distintos a los conocidos de acuerdo a las posibilidades expuestas en el libro. Los docentes valoran la formulación de explicaciones de carácter interdisciplinar. En este sentido, los docentes de la CODEP seleccionan las siguientes temáticas para el diseño de la explicación científica escolar:

- A. PCNE01: el fenómeno de la combustión como cambio químico.
- B. PCNE02: productos de la combustión.
- C. PCNE03: acción de las corrientes de convección en la forma de la llama.
- D. PCNE04: la combustión y la respiración: procesos análogos.
- E. PCNE05: la respiración: un proceso de combustión viva.

La Figura 36 presenta la red semántica correspondiente al diseño de la explicación científica escolar teniendo como referencia la estrategia de formación docente y los temas seleccionados:

Figura 36 Red semántica correspondiente al diseño de la explicación científica escolar



Elaboración propia. Resultado de la investigación

Los códigos presentados en la Figura 35, se describen en la Tabla 35:

Tabla 35 Red semántica correspondiente al taller diseño de la explicación científica escolar del taller de formación docente 6. Selección de los hechos relevante

Supercódigo	Códigos Principales	Códigos Subordinados
Explicación científica escolar En esta etapa del diseño, los docentes hacen reflexiones importantes sobre las posibles aplicaciones de <i>La historia química de una vela</i> de Michael Faraday (2004) en un contexto escolar, considerando las necesidades y las características del actual sistema educativo: tiempo, motivación, intereses y materiales. Resultó llamativo que, para la mayoría de docentes, el estudio de la combustión de una vela permitió acercar la ciencia a la cotidianidad, mientras que para un docente la explicación de este tema debía conllevar la redefinición de los imaginarios que en la cotidianidad existen sobre la ciencia, específicamente, los relacionados con la química.	Preguntas de contenido En el diseño los docentes ensayaron distintas formas de construir las preguntas de contenido para orientar la explicación. Se observó que, principalmente, se elaboraron preguntas de QUÉ y, progresivamente se formulan preguntas sobre CÓMO y CUÁLES: <i>¿Cómo se obtiene la combustión de la vela?</i> (PCNE01) <i>¿Cuál es la diferencia entre gas y vapor?</i> (PCNE03) <i>¿Qué sucede con la vela cuando esta se quema? ¡No! Mejor: ¿Cuáles son los procesos cuando se quema la vela?</i> (PCNE04)	Escribir Los docentes reconocieron el acto de la escritura como una alternativa de evaluación y resultado de la comprensión: <i>“sobre todo del que aprende a escribir, a redactar, porque si el niño escribe está organizando ideas”</i> . (PCNE04)
	Proposiciones Durante el diseño, los docentes formulan proposiciones reconociendo que son afirmaciones que permiten desarrollar la explicación: <i>“Una vela que se coloca ante nosotros, se consume o desaparece por la combustión”</i> . (PCNE01) <i>“La combustión de la vela es un proceso químico”</i> . (PCNE01)	Inferencia En el diseño, los docentes propusieron actividades de inferencia que implicaron la participación activa del estudiante y su interpretación sobre los procesos que observaron y analizaron durante la explicación: <i>“Analizar un fragmento de película donde se vea una explosión en el espacio y el estudiante pueda juzgar, eso es correcto o no”</i> . (PCNE03)
	Comunicación En el diseño se planificaron formas organizadas de interacción entre docentes y estudiantes y se generaron preguntas y reflexiones. Además, aumentaron las expresiones relacionadas con los saberes previos de los estudiantes: <i>“¡Yo sufro cuando mis pelados llegan con unas caras!, por ejemplo, el día de hoy, yo les dije: ¡vean muchachos, yo sé que el día ha estado lluvioso, largo, cansón! Y les dije que salieran, no era porque yo, sino porque ellos venían cansados. ¡Les abrí la puerta y nadie salía! Y yo les dije: ¡No los voy a anotar...! ¡nada!, ¡los que se quieran quedar</i>	Reacción química Se destacó como un concepto presente en el fenómeno de la combustión de la vela, se convierte en un tema relevante para estudiarse en la formación científica. Los docentes retomaron los experimentos aportados por el libro estudiado y formulan adaptaciones adecuadas para el contexto y el momento histórico: <i>“En la estructura debe ir el concepto de reacción química, es importante para entender los experimentos”</i> . (PCNE04)

[que sea] *porque quieren!...Entonces, ya como que se despertaron.*

Y cuando les pongo ejercicios, sea hombre o mujer y lo desarrollan bien, ¡qué lindo, les doy un abrazo!...Entonces yo les doy el abrazo a los estudiantes que hacen bien los problemas". (PCNE03)

Estrategias aplicación

Los docentes propusieron formas novedosas de comprender un fenómeno usando elementos de la cotidianidad y generando su interacción, a través de experimentos y observación directa:

"Permitir la formulación de preguntas que en el siguiente capítulo se puedan resolver". (PCNE02)

"Aquí tendríamos que definir cuál de estos experimentos vamos a hacer... Hay un ingeniero químico que desarrolló esta conferencia...todo el libro. Y la conferencia dos tiene su propio video desarrollando cada uno de los experimentos". (PCNE01)

Respiración

Se abordó el proceso de respiración como uno de los tipos de combustión que propicia una profundización del tema. Se relacionó con los procesos químicos, lo cual permitió la articulación entre dos áreas de la ciencia:

"Yo les digo a los jóvenes: la combustión de nuestro cuerpo... ¡claro!, y les digo a las niñas: saquen el espejo y exhalen, ¡es el mismo vapor de agua!". (PCNE04)

Fuerzas

Se diseñó la explicación con base en las corrientes de convección y la fuerza de gravedad que circundan a la llama en el fenómeno de la combustión. Las proposiciones relacionadas ampliaron el conocimiento de los fenómenos físicos y permitieron una relación con fenómenos naturales conocidos:

"En la forma de la llama no solo influye la gravedad sino las variaciones de densidad". (PCNE03)

Progresión

El diseño se realizó teniendo en cuenta las cuatro fases del ciclo de la explicación:

"El antes, durante y después como en comprensión lectora de Isabel Solé. El antes, para saberes previos; durante es la activación a través de la práctica [y] el después es la retroalimentación y puesta en común". (PCNE01)

Experimento

El estudio del libro contribuyó, principalmente, la parte práctica experimental en el estudio de las ciencias. En tanto, todos los docentes decidieron retomar, al menos uno de los experimentos aportados, considerando que son sencillos, de fácil comprensión e interesantes para los jóvenes:

"La proposición tiene que ser

demostrada, puede ser a través del experimento”. (PCNE01)

“Como experimentación hacemos que el cilindro comience a girar alrededor de la vela y, con lo que observen, irán dando sus propias comprensiones: unos dirán el viento, el aire...”. (PCNE03)

Saberes previos

En la fase del diseño los docentes tuvieron en cuenta los saberes previos de los estudiantes y las estrategias su identificación en el proceso de contextualización del tema. Un profesor manifestó que en la contextualización usaría un *repaso* de los conceptos ya comprendidos:

“yo termino el tema y, antes que acabe la clase, les doy una guía de preguntas para que resuelvan en la casa. Unas respuestas estarán bien, otras estarán mal... Luego, les pido que hagan grupitos y comparen”. (PCNE04)

Retroalimentación

Durante el diseño se planificaron momentos específicos de la explicación para conocer la comprensión de los estudiantes y realizar aportes, resignificaciones y conclusiones de los fenómenos estudiados:

“Yo saco al tablero a los estudiantes y, si lo desarrolla bien, ¡qué lindo! Le doy un abrazo”. (PCNE03)

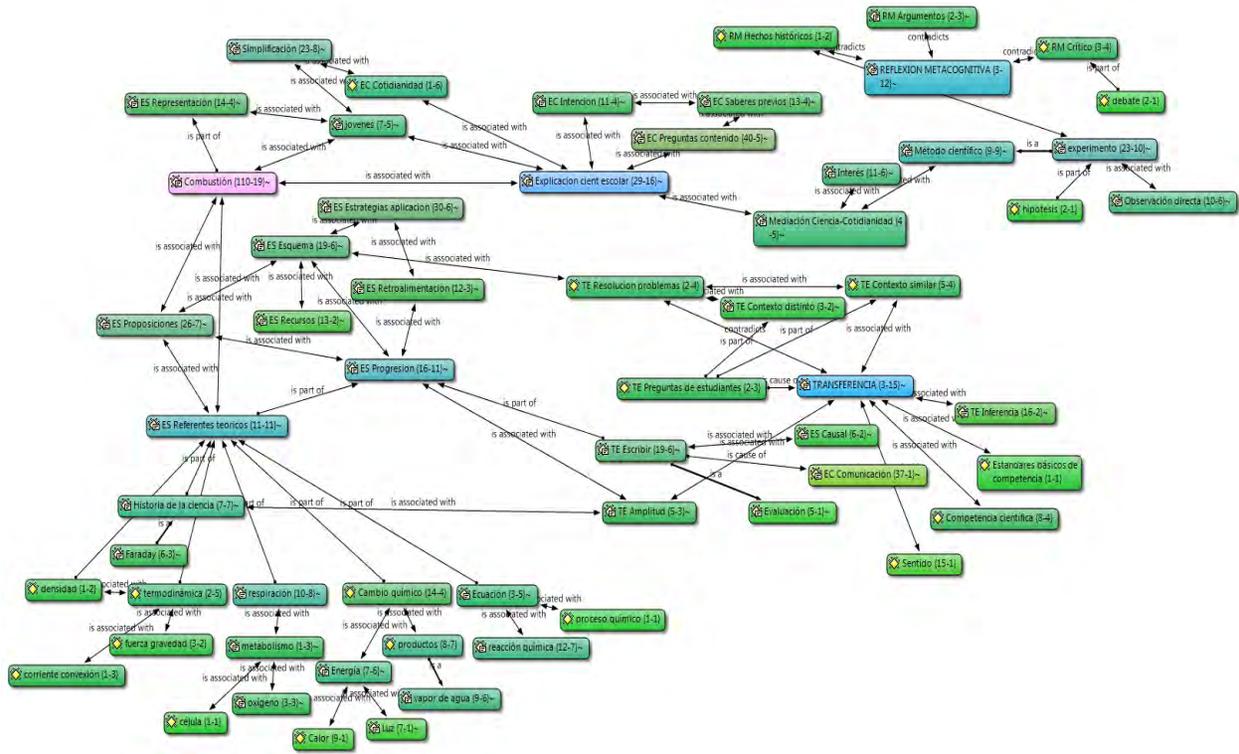
Observación directa

En el diseño se privilegiaron las actividades experimentales porque se consideró que podrían ser más significativas para los estudiantes. Es así como se tuvieron en cuenta la observación y la manipulación de los elementos propuestos y de los productos resultantes:

“Se podría iniciar con el experimento y, a partir de la observación, planteamos unas preguntas: ¿por qué sucede eso? Ellos mismos comienzan a preguntarse el por qué?”. (PCNE03)

Una vez realizado el diseño de la explicación, se hace tanto la revisión como los ajustes a la explicación científica escolar obtenido la red semántica de la Figura 37:

Figura 37 Red semántica correspondiente a la revisión del diseño de la explicación científica escolar



Elaboración propia. Resultado de la investigación

El diseño de la explicación científica escolar evidencia el progreso de las explicaciones con respecto al uso de la historia de la ciencia en las diferentes etapas de la estrategia de formación docente que son descritas en la Tabla 36:

Tabla 36 Descripción de las etapas de la estrategia de formación docente en la fase de revisión de la explicación científica escolar

Elementos Contextuales	Preguntas de contenido
Los elementos que contextualizan la explicación y que más se vieron reflejados en el diseño fueron: intención de la explicación, preguntas de contenido y saberes previos. Ello denota un cambio sustancial con respecto a las explicaciones que no tuvieron en cuenta la estrategia de formación docente, y que fortalecen la comprensión de un fenómeno desde el conocimiento previo y la delimitación del alcance de la explicación.	<p>“¿Cómo se obtiene la combustión de la vela?”. (PCNE01)</p> <p>“¿Cuál es la diferencia entre gas y vapor?”. (PCNE03)</p> <p>“¿Qué sucede con la vela cuando esta se quema? No, mejor ¿Cuáles son los procesos cuando se quema la vela?”. (PCNE)</p>

CÓ:EC Preguntas contenido (40-5)~

porque arde una vela? o como arde una vela?
para entender el proceso respiratorio sería necesario preguntar cómo influye el oxígeno en la vela? sería la clave para explicar el proceso respiratorio

Intención

“Comprender el fenómeno de la combustión desde el concepto de cambio químico y explicar los productos que se obtienen de la combustión de una vela”. (PCNE01)

CÓ:EC Intencion (11-4)~

asimilar el concepto de combustión desde la concepción de reacción química

Saber previos

“En grupos de tres estudiantes respondo a la siguiente pregunta: ¿Qué aspectos conozco de la combustión?”. (PCNE01)

Estructuración

En el proceso de estructuración de la explicación se incrementaron significativamente las proposiciones, los esquemas y las estrategias de aplicación. Además, se encontró una relación importante con los referentes teóricos basados en hechos históricos y su inclusión en la práctica experimental. Esto implicó el uso de recursos de laboratorio y la adaptación de estos para el desarrollo de experimentos y representaciones sobre el fenómeno. En la fase de estructuración, se encontró una consideración importante en la explicación dirigida a jóvenes, buscando su interés y motivación por el fenómeno.

Proposiciones

CÓ:ES Proposiciones (26-7)~

el proceso respiratorio no se da en el pulmon, es una falsedad, el proceso respiratorio se lleva a cabo en la mitocondria

sin aire no hay oxidación, la oxidación produce energía, calor y luz

el aire es absolutamente necesario para la combustión

Referentes teóricos

CÓ:ES Referentes teóricos (11-11)~

Faraday en contra de la desintegración propuesta por el positivismo, fragmentación del mundo integrado real.

para iniciar es necesario explicar el proceso de combustión de una vela

se puede estudiar la mitocondria desde los referentes teóricos y proponer una controversia sobre un postulado

Recursos

“Ya tengo separado todo el material que necesitaremos para el laboratorio”. (PCNE04)

Representaciones

CÓ:ES Representación (14-4)~

cuando uno les entrega la guía en prosa, a veces se pierden, en cambio yo les voy dando la indicaciones y ellos lo van pasando a un mapa conceptual o diagrama según lo que van entendiendo

Progresión

La estructuración da cuenta de un estudio más amplio del fenómeno, de diferentes temas estudiados y reflejados en la progresión temática:

“Progresión temática:

Tema: Fenómeno de la combustión

Subtemas: Cambio físico y cambio químico, comburente y

combustible, proceso químico y ecuación química". (PCNE04)

CÓ:ES Progresion (16-11)~

se puede plantear la oxidación como el gran tema, y los subtemas la energía y los demás que mencionó

CÓ:ES Esquema (19-6)~

partes de la llama y sus productos, combustible y comburente: combustión: diferente de cambio físico, producción de vapor: 1) producción de vapor combustible, 2) combustible del vapor de parafina, 3) reconocer el lugar donde la combustión y el aire se unen, 4) suspender el oxígeno de la combustión

Fenomeno científico: pregunta de contenido, conformación de la unidad conceptual, identificación de saberes previos, pregunta de contenido. conflicto conceptual, cambio químico, ecuación química, productos, conclusiones

Transferencia

En cuanto al proceso de transferencia, los docentes diseñaron actividades de inferencia y de escritura de la explicación. Cabe resaltar que algunas guías de laboratorio propusieron la escritura discontinua (p. e. de gráficos y esquemas), cuya elaboración requiere mayor planificación y conceptualización por parte de los estudiantes.

Estrategias de aplicación

Práctica No. 1: combustión de una vela

Por favor encienda un fósforo y con cuidado encienda el trozo de vela sobre un vidrio de reloj. Verifique que siga encendida y espere hasta que se consuma. Tome nota de los cambios que observa y registre el tiempo que tarda en apagarse.



Responda las siguientes preguntas en la hoja de respuestas.

Hoja de respuestas

Describe ¿Qué sucede cuando la vela se enciende? ¿Por qué?

Reflexión Metacognitiva

El diseño reflejó la selección de hechos históricos relevantes para el estudio de un fenómeno en la ciencia. Se retomaron argumentos históricos para realizar la reflexión y se asumió una postura crítica, basada en el contexto actual de los estudiantes.

La reflexión da cuenta de la necesidad expresada por los docentes de revisar, renovar y actualizar la práctica explicativa. Además, indica la importancia de eliminar las esquematizaciones del conocimiento.

CI:177:4 eliminar la esquematización de.. (6:6)

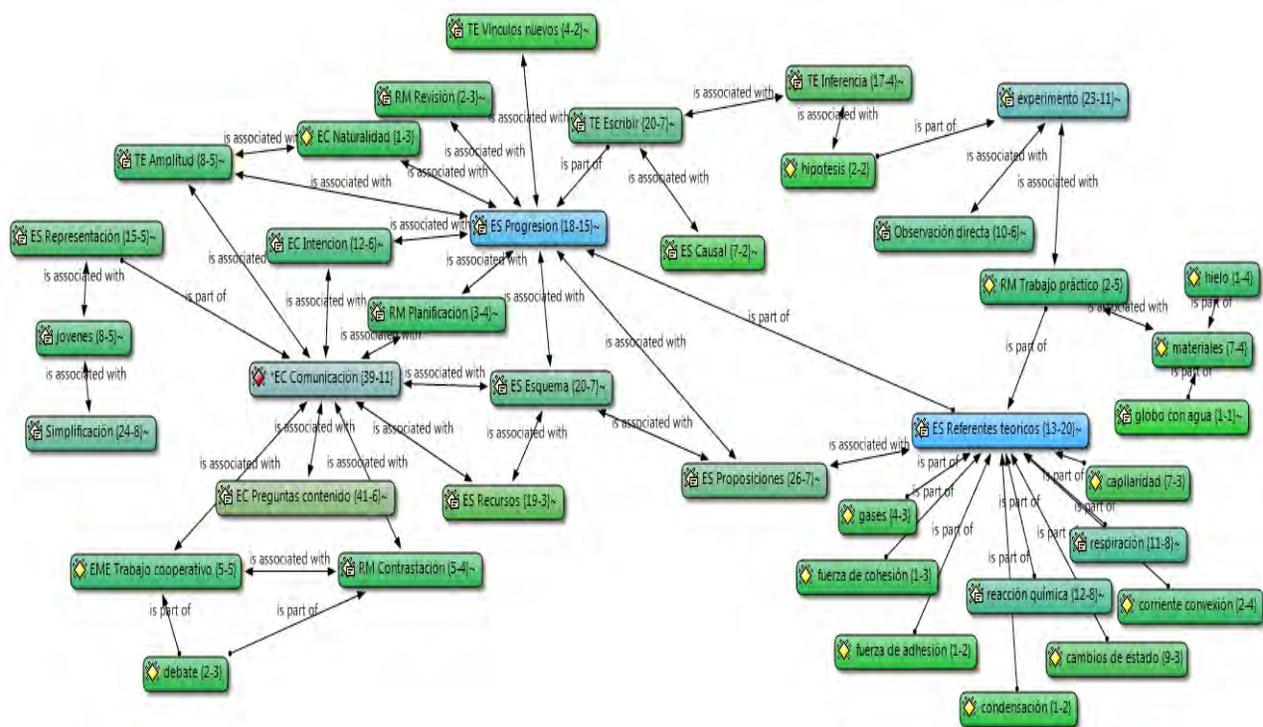
eliminar la esquematización del conocimiento, donde maestros "planearon" sus clases hace 10 años y aún siguen dictando de la misma manera,

Elaboración propia. Resultado de la investigación

4.3.4 Taller de formación docente 7 Ensayo del diseño

Dentro de las temáticas desarrolladas en los talleres de formación docente los profesores programan la organización y revisión de las prácticas experimentales establecidas en la explicación científica escolar. Este taller permitió la ampliación de la interacción entre compañeros, el fortalecimiento del trabajo cooperativo para el aprendizaje y el favorecimiento de la progresión de la explicación. La red semántica del diseño de la explicación científica escolar aparece en la Figura 38:

Figura 38 Red semántica correspondiente al diseño de la explicación científica escolar



Elaboración propia. Resultado de la investigación

En la Tabla 37 se relacionan los códigos principales y subordinados que se derivan de la red semántica anterior.

Tabla 37 Códigos presentes en el análisis del diseño de la explicación científica escolar

Códigos Principales	Códigos Subordinados
<p>Progresión Se observó que la planificación adecuada de una guía de laboratorio permite un trabajo más dinámico, donde los estudiantes están más involucrados, activos y reflexivos. Esta planificación favorece las conexiones lógicas entre los diferentes conceptos y hace posible una articulación de la ciencia desde una visión más compleja.</p>	<p>Simplificación El diseño permite que los estudiantes puedan manipular e interactuar con sus compañeros, sus maestros y los materiales, lo que contribuye a comprender los conceptos estudiados desde la práctica:</p>
<p>CÓ:ES Progresión (18-15)~ despues de entender la sumatoria de fuerzas podemos pasar a capilaridad</p>	<p>Estudiante A: ...pues se empaña por los cambios de temperatura. Estudiante B: ¿Cómo así? Estudiante A: ¡Claro! ¿No ves que aquí hay hielo</p>

y afuera está la llama calentando?
Entonces da la condensación.

Referentes teóricos

Se observó tanto en el docente como en los estudiantes un uso fluido de los conceptos y los principios de la ciencia. La fundamentación teórica se complementó con las actividades prácticas de laboratorio. Se encontró un diálogo permanente y una retroalimentación continua de los análisis, inferencias y propuestas de los estudiantes.

CÓ:ES Referentes teóricos (13-20)~

en una vela la mayor presencia de oxígeno esta en la parte superior, en el medio se nota que la temperatura va subiendo, es el carbono ardiendo por lo tanto la temperatura aumenta

Preguntas de contenido

Los docentes propusieron en sus diseños preguntas que se articulaban claramente con la progresión temática propuesta, lo cual incrementó la coherencia de las actividades prácticas y evaluativas.

CÓ:EC Preguntas contenido (41-6)~

porque arde una vela? o como arde una vela?
para entender el proceso respiratorio sería necesario preguntar cómo influye el oxígeno en la vela? sería la clave para explicar el proceso respiratorio

Experimento

La experimentación es considerada un puente entre el estudio científico de un fenómeno y la motivación de los estudiantes.

CÓ:experimento (23-11)~

hay que hacer visible todos los fenómenos, con un vaso o un beaker, eso si les gusta, eso los motiva a aprender

Inferencia

Los estudiantes formularon hipótesis que podían explicar lo que observaban. La actividad permitió realizar contrastación y verificación de la conceptualización, de ahí que las hipótesis se fueran descartando cuando se revisaban los fundamentos teóricos o se recibía la retroalimentación del docente, quien usaba contextos diferentes para aclarar los conceptos.

CÓ:TE Inferencia (17-4)~

Y por qué se empaña?
Claro porque adentro lo que hay es hielo, y la vela está produciendo calor, los cambios de temperatura, el vapor de la vela, la calor de la vela
La parafina de la vela y el oxígeno hace que se forme gas carbónico, ese gas es el que se hace vapor
El balón está transpirando, no es por la vela, la vela produce agua? no es por el balón se empaña y hace que el aire se condense
en la parte externa se negrea el balón
se empaña es por acción de la humedad

Representación

El docente usó diferentes estrategias para representar la explicación. En las guías de laboratorio se propuso elaborar planos cartesianos, cuadrículas, dibujar la vela y sus cambios, cuadros comparativos,...etc.

Proposiciones

Los docentes lograron realizar proposiciones que propiciaron el desarrollo de la explicación y su conclusión:

“El anillo es el lugar en donde el aire y la combustión se unen. El aire es absolutamente necesario para la combustión. Cuando se suspende el aire en la combustión, ella se transforma en una combustión incompleta”.
(PCNE01)

Escribir

Los estudiantes consiguieron realizar un ejercicio de producción escrita propia, aunque se presentaron algunos momentos de dictado sobre el laboratorio desarrollado.

CÓ:TE Escribir (20-7)~
escribir implica organizar ideas

apunte, actividad No. 3 se toma una pequeña cantidad de potasio y se la adiciona al agua

Elaboración propia. Resultado de la investigación

4.4 Eje 3: Implementación de la explicación científica escolar (explicación 2)

Para el análisis de la información se configuran 4 piezas audiovisuales que dan cuenta de 16 sesiones de clase. El contenido de las clases se transcribió utilizando el software *Transana 3.0* y, posteriormente, se introdujo en el programa de análisis cualitativo *Atlas Ti 7.1*. Para la codificación de las categorías se utilizó la matriz de valoración descrita en la explicación y se mantuvieron las mismas categorías emergentes. En esa medida, no se obtuvieron nuevas categorías emergentes sino que se fortalecieron las ya establecidas.

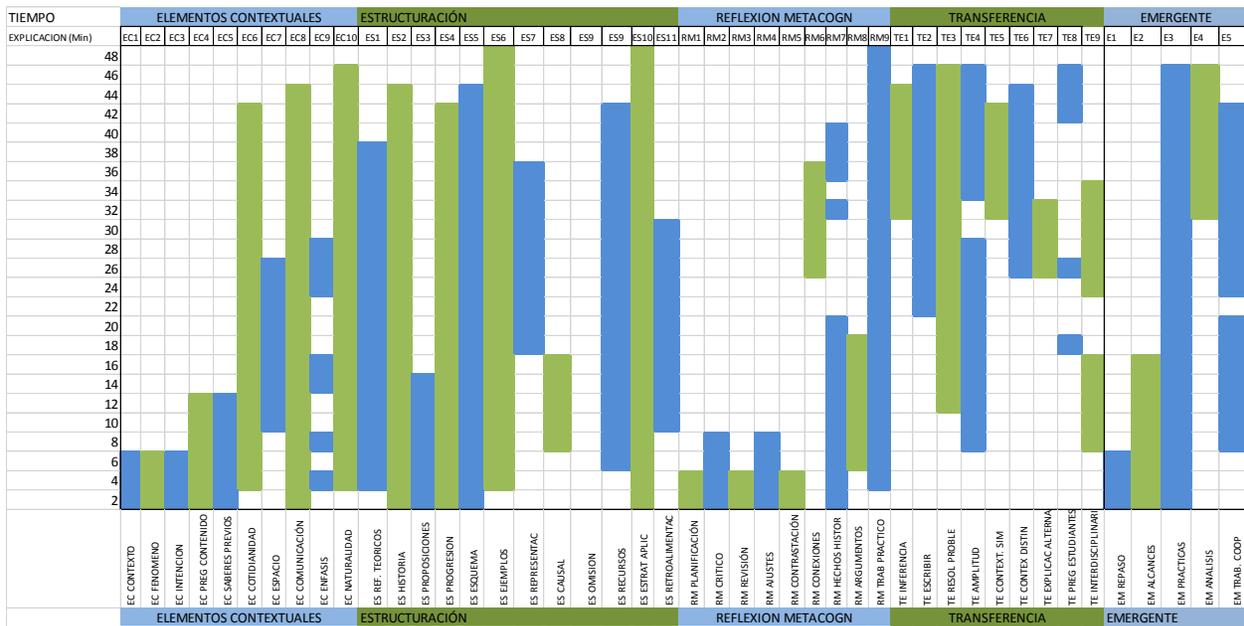
En este punto, es necesario hacer dos aclaraciones. La primera, es que el perfil final de la explicación se realiza con sólo cuatro docentes dado que no se logró realizar la etapa de implementación de la clase diseñada con el PCNE05 porque su contrato de labores con la institución finalizó. La segunda aclaración tiene que ver con el PCNE02 quien se retiró de la investigación porque debía cumplir con otros requerimientos institucionales cuyos tiempos de ejecución eran incompatibles con los de grabaciones de los videos. En consecuencia, el PCNE02 sólo desarrolló la implementación de la explicación hasta la etapa *Estructuración de la explicación*.

4.4.1 Perfil de la explicación científica escolar (explicación 2).

En la explicación 2 se puede observar que varias de las afirmaciones contempladas en la matriz de valoración se van presentando a lo largo del tiempo considerado para la explicación y se organizan de modo que facilita la comprensión. En el caso de los *elementos contextuales*, la mayoría se agrupan al inicio de la clase, sin embargo, la comunicación y la cotidianidad se transversalizan en la clase porque con base en la explicación del fenómeno de la combustión de la vela, se desarrolla la comunicación entre el docente y los estudiantes.

En lo que atañe a la *estructuración*, se puede apreciar que, a excepción de la omisión, varias afirmaciones se presentan de manera constante a lo largo de la clase, lo cual significa que los docentes no suprimen información de lo que suponen que los estudiantes ya conocen. En cuanto a la *reflexión metacognitiva* no se evidencia directamente en la explicación con los estudiantes, pero sí se ve reflejada una revisión, unos ajustes, y una contrastación que se transmite en la implementación de las actividades diseñadas en la guía de laboratorio. Respecto a la *transferencia*, todas las afirmaciones se incrementaron a lo largo de la explicación. Esto sugiere que la forma en que fue diseñada y aplicada la explicación científica escolar contribuye para que los estudiantes relacionen su comprensión en contextos distintos o similares y le den sentido a lo que están aprendiendo. Finalmente, sobre las categorías emergentes se aprecia que se afianzó la relacionada con las prácticas adecuadas en el uso de los materiales de laboratorio y los procedimientos a desarrollar, así como el trabajo cooperativo, puesto que todos los diseños contemplan la interacción de compañeros en grupos de trabajo. La Figura 39 sintetiza estos resultados:

Figura 39 Perfil de la explicación científica escolar. Momento 2



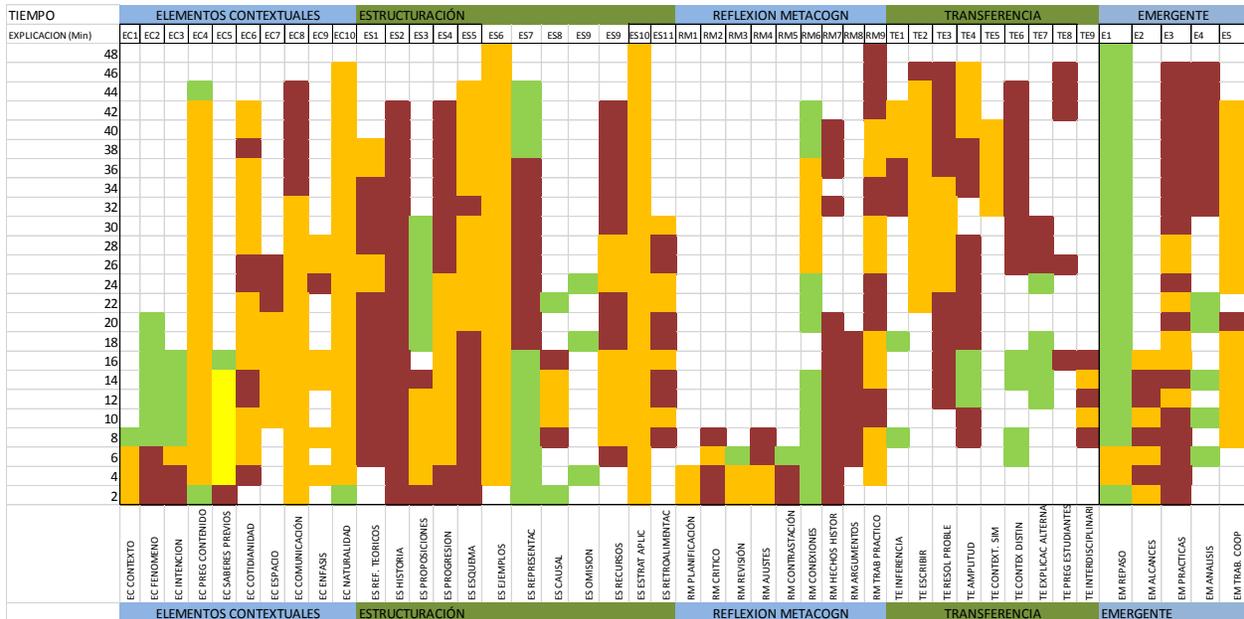
Elaboración propia. Resultado de la investigación

4.4.2 Contrastación con el perfil inicial de la explicación.

Cada uno de los perfiles de la explicación científica escolar se analizó por separado siguiendo las afirmaciones establecidas en la matriz de valoración. Para la contratación del perfil se realizó una nueva gráfica que permitió establecer las similitudes y las diferencias en cada una de las afirmaciones. Al mismo tiempo, se determinaron tanto los factores que se mantuvieron como los que cambiaron en el perfil de la explicación científica escolar.

En la Figura 40 los colores son utilizados deliberadamente para representar: a) el verde el perfil inicial de la explicación, b) el rojo al perfil final de la explicación y c) el amarillo indica la coincidencia en el tiempo de los dos perfiles:

Figura 40 Perfil de contrastación de la explicación científica escolar



Elaboración propia. Resultado de la investigación

En la Tabla 38 se hace un análisis de los datos obtenidos en el perfil de contrastación, para ello se utilizan las afirmaciones descritas en la matriz de valoración para cada una de las categorías de la investigación.

Tabla 38 Análisis de los datos obtenidos en el perfil de contrastación

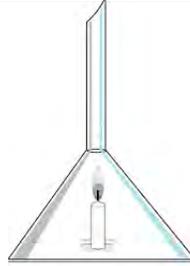
Categoría	Código	Afirmación
-----------	--------	------------

EC Contexto	Tanto en el perfil inicial como en el perfil final de la explicación, los docentes tuvieron en cuenta las características generales del grupo en el diseño e implementación de la explicación científica escolar.
EC Fenómeno	En el perfil inicial de la explicación se hizo mayor énfasis en el fenómeno que se iba a explicar. Se mencionó con más recurrencia que en el perfil final de la explicación.
EC Intención	Al igual que en la enunciación del fenómeno, en el perfil inicial de la explicación los docentes expusieron la intención de la explicación, sin embargo, esta intención no estuvo directamente ligada a la comprensión. En el perfil final de la explicación, se realizó la presentación clara de la intención de la explicación y se asoció directamente con la comprensión del fenómeno por parte de los estudiantes: PCNE 01 <i>“Comprender el fenómeno de la combustión desde el concepto de cambio químico. Explicar los productos que se obtienen de la combustión”.</i> PCNE 02 <i>“Comprender el fenómeno de la combustión desde el concepto de reacción química. Explicar que sucede cuando se quema una vela”.</i> PCNE 03 <i>“Comprender la acción de las corrientes de convección y las fuerzas de gravedad en la forma de la llama”.</i> PCNE 04 <i>“Comprender la combustión de una vela y la respiración en el hombre como procesos análogos. Identificar los productos de la combustión de una vela y la respiración en el hombre”.</i>
EC Preguntas de contenido	En el perfil inicial de la explicación, durante la explicación, se hizo un mayor número de preguntas de carácter instrumental operativo. En el perfil final de la explicación, se definió y expresó una pregunta central relacionada directamente con la intención de la explicación. Todas las preguntas formuladas por los profesores fueron <i>preguntas de contenido</i> y tuvieron una problemática por resolver, de acuerdo con el contenido desarrollado durante la explicación. Además, implicaron un mayor compromiso cognitivo por parte de los estudiantes y estimularon su participación. PCNE 01 <i>¿Cómo se obtiene el agua de la vela?</i> PCNE 02 <i>¿Cómo y cuáles son los productos que se obtienen de la combustión de una vela?</i> PCNE 03 <i>¿Cuáles son las fuerzas que actúan en la forma de la llama de una vela?, ¿cómo se comporta la llama cuando hay variación de la gravedad?</i> PCNE 04 <i>¿Cuáles son las diferencias y semejanzas que se pueden establecer entre el proceso de respiración en el hombre y el fenómeno de la combustión de una vela?</i>
EC Saberes previos	Tanto en el perfil inicial como en el perfil final de la explicación se hizo referencia a los saberes previos, exactamente dentro del mismo período de tiempo de la explicación. La diferencia estuvo en el perfil final de la explicación, en el cual los profesores, en especial PCNE01 y PCNE02, hicieron ejercicios para la contrastación de los saberes previos en la clase. PCNE01 <i>Conformación de grupos de trabajo de tres estudiantes para desarrollar la siguiente pregunta:</i> – Explique ¿qué aspectos conocen sobre el fenómeno de la combustión? – Socialice sus ideas en una lluvia de ideas. – Elabore una idea principal sobre el fenómeno de la combustión a partir de la socialización.

Estructuración		PCNE02 <i>Se entrega el cuestionario y se contrastan las respuestas iniciales con los referentes científicos.</i>
	EC Cotidianeidad	El en perfil inicial de la explicación se hizo referencia a los elementos contextuales, pero de manera desarticulada del contexto de la explicación. En el perfil final de la explicación se utilizaron ejemplos y recursos de la cotidianeidad durante todo el tiempo de la clase. Las prácticas experimentales se caracterizaron por su sencillez y la utilización de elementos conocidos por los estudiantes.
	EC Espacio	Tanto en el perfil inicial como en el perfil final de la explicación, el docente realizó la organización de los estudiantes en salón de clase y cumplió con la oración, actividad contemplada dentro del protocolo institucional para iniciar la clase. Es importante resaltar que todas las clases del perfil final de la explicación, se efectuaron en el laboratorio, por lo tanto, los profesores—sin excepción—realizaron las observaciones generales respecto al uso de los materiales, los reactivos y la presentación personal. En el laboratorio, los docentes distribuyeron a los estudiantes en equipos de trabajo.
	EC Comunicación	Se presentó una diferencia clara entre el tiempo de la comunicación durante la clase y el desarrollo de la misma. A diferencia del perfil inicial, en el perfil final de la explicación se observó un incremento de la participación de los estudiantes durante el desarrollo de la explicación. Es así como se evidenció una comunicación fluida entre los profesores y los estudiantes, quienes se mostraron más interesados en la clase y preguntaron con mayor intensidad.
	EC Énfasis	Durante las explicaciones los profesores hicieron énfasis en los conceptos estructurantes de la explicación, ya sea utilizando diferente entonación, escribiendo el concepto en el tablero o formulando alguna pregunta. Al respecto, no hubo diferencia significativa entre el perfil inicial y el perfil final de la explicación.
	EC Naturalidad	Los profesores actuaron con espontaneidad y sencillez durante toda la clase. En general, hubo buena disposición y actitud; en ningún momento se observó que la grabación del video interrumpiera o incomodara su labor.
	ES Referentes teóricos	Se evidenció una diferencia sustancial respecto al uso de los referentes teóricos para la explicación. Se observó que en el perfil inicial de la explicación se enunciaron y desarrollaron menos referentes teóricos. En tanto que, durante toda la clase del perfil final de la explicación, se hizo referencia a los conceptos estructurantes, teniendo en cuenta la progresión temática presentada en el diseño y los hechos relevantes del caso histórico.
		PCNE02: <i>“El calor de la llama funde la cera por radiación y convención, la acción capilar extrae la cera por la mecha, la cera fundida se vaporiza, las reacciones químicas producen la llama, las partículas de carbón sólido calentadas resplandecen y las corrientes de la convención barren los productos de la combustión”.</i>
		PCNE01: <i>“Faraday dice que la combustión es de “dos tipos”, aunque hoy en día se suele hablar de la combustión y la incandescencia. La pólvora quema con una llama, pero las limaduras de hierro se mantienen sólidas y, por lo tanto, no producen una llama”.</i>
	ES Historia	En el perfil inicial de la explicación no se realizó ninguna referencia a los elementos de la historia de la ciencia para la explicación de la clase. No obstante, en el perfil final de la explicación se hizo referencia a la historia de la ciencia y al caso histórico que soporta todo el diseño de la explicación científica escolar. Cabe señalar que, al igual que los docentes, los estudiantes no conocían el libro <i>La historia química de una vela</i> (Faraday, 2004), incluso algunos de ellos no tenían ninguna referencia sobre su autor.
	PCNE03: Este docente asumió como hilo histórico conductor de la explicación que: <i>“El calor de la llama funde la cera por radiación y convención, la acción capilar extrae la cera por la mecha, la cera fundida se vaporiza, las reacciones químicas</i>	

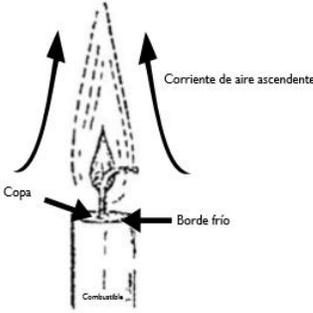
producen la llama, las partículas de carbón sólido calentadas resplandecen y las corrientes de la convención barren los productos de la combustión”.

ES Proposiciones	Hay una diferencia significativa entre los perfiles inicial y final de la explicación respecto al uso y la formulación de las proposiciones. Por un lado, en perfil inicial de la explicación, se enunciaron más afirmaciones, sin embargo, no se sustentaban de manera adecuada para lograr la comprensión de los fenómenos. Por otro lado, en el perfil final de la explicación, las proposiciones se enuncian en los primeros momentos de la lección y, durante toda la clase, se desarrollaron actividades de corte experimental para favorecer su comprensión. En el perfil final de la explicación, las proposiciones formuladas consistieron en afirmaciones que respondían a la pregunta de contenido diseñada en la explicación.
ES Progresión	En el perfil inicial de la explicación se dedicó un promedio de 30 minutos a la explicación. Más aún, se identificó que había afirmaciones que eran enunciadas, pero no explicadas. Al contrario, en el perfil final de la explicación, se siguió la progresión temática y la secuenciación diseñada para la explicación. Esta tendencia se mantuvo durante toda la clase (42 minutos), ampliando el tiempo dedicado a la explicación de las proposiciones en los minutos centrales de la clase.
ES Esquema	Se percibió una diferencia importante entre los dos perfiles en relación al esquema que se presentó en la explicación científica escolar. Así, en el perfil inicial de la explicación, los esquemas surgieron en el momento central de la clase y, en algunos casos, no fueron coherentes con la progresión temática. En tanto, en el perfil final de la explicación, se mantuvo el esquema durante todo el tiempo de la clase y se siguió la progresión temática y las proposiciones planteadas en el diseño de la explicación. Ejemplo de ello es la PCNE01 quien utilizó un esquema para evaluar la comprensión de la temática explicada.
ES Ejemplos	No se percibió diferencia en el uso de ejemplos como mecanismo para la explicación de la clase. En ambos perfiles de la explicación, la formulación de ejemplos se realizó durante todo el tiempo de la clase.
ES Representación	Se observó una diferencia significativa respecto al uso de esquemas de representación durante la explicación científica escolar. Si bien, en el perfil inicial de la explicación se usaron esquemas de representación durante más tiempo, estos no demostraron coherencia con la progresión temática de la clase. Caso contrario al perfil final de la explicación, en el que se usaron analogías, metáforas y gráficas de acuerdo con la progresión temática establecida.
ES Causa	En los dos perfiles de la explicación científica escolar se usaron explicaciones de tipo causal.
ES Omisión	Mientras que en el perfil inicial de la explicación se omitieron algunas preguntas realizadas por los estudiantes, en el perfil final de la explicación no hubo omisiones.
ES Recursos	En el perfil final de la explicación se recurrió, en mayor medida, al uso de recursos para la explicación durante todo el tiempo de la clase. Los docentes se valieron de recursos y experimentos sencillos, que motivaron la participación de los estudiantes. PCNE04: Presenta al estudiante una vela encendida dentro de un tubo, con un tubo de cristal en el extremo por el cual entra el aire, y una abertura en la parte superior, que posibilita la circulación del aire.



Posteriormente, propone las siguientes preguntas:

- ¿Qué alimenta la llama?
- ¿Qué sucede si tapo la abertura superior del tubo?
- ¿Qué sucede si tapo los dos orificios?, ¿por qué?

ES Estrategias de aplicación	En ambos perfiles de la explicación científica escolar se utilizaron, durante toda la clase, los ejemplos y las estrategias de aplicación.
ES Retroalimentación	Tanto en el perfil inicial como en el perfil final de la explicación científica escolar, se realizaron actividades de retroalimentación en los minutos centrales de la clase. En general, los docentes en estas actividades utilizaron preguntas o volvieron a explicar la temática. En el perfil final de la explicación se hizo mayor énfasis en la retroalimentación de los contenidos relacionados con la pregunta de contenido, y se formularon actividades para favorecer la comprensión del fenómeno.
	<p>PCNE03 A continuación se presenta un esquema que representa la forma de la llama en la tierra. Realice una representación gráfica de la forma de la llama en micro gravedad. Explique ¿por qué tendría esa forma?</p>
	
	Ilustración extraída de Faraday (2004, p. 34).
	<p>PCNE04: Luego de leer el fragmento del texto de Faraday, responda en grupo las siguientes preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A qué se refiere Faraday cuando dice: “Él ha dispuesto que sea independiente de toda voluntad”. - De acuerdo con Faraday, ¿en qué consiste el proceso de respiración? - ¿Cómo explicarías gráficamente la relación entre la combustión de una vela y la respiración en el hombre?
Reflexión Metacognitiva	<p>RM Planificación</p> <p>Se presentó una diferencia significativa en la planeación de la explicación. En el perfil inicial de la explicación, la planeación se hizo de manera esquemática, enunciando algunos elementos de la clase. En el perfil final de la explicación, se planeó no sólo la explicación científica escolar, sino la guía de trabajo de los estudiantes, siguiendo los lineamientos establecidos en la estrategia de formación docente y articulando el caso histórico seleccionado (véase Anexo 7).</p>

RM Crítico	Si bien en el perfil final de la explicación se asumió una posición crítica frente al diseño y la implementación de la explicación científica escolar, cabe aclarar que se trata de un proceso iniciado que se debe fortalecer para mejorar la práctica cotidiana de los docentes.
RM Revisión	La reflexión sobre la práctica no fue un elemento fuerte en los docentes y, aunque en el perfil final se manifestó con mayor frecuencia que en el perfil inicial de la explicación, se trata aún de un proceso incipiente. No obstante, fue posible establecer mecanismos institucionales para favorecer el desarrollo de las actividades de revisión de la práctica docente.
RM Ajustes	En lo que concierne a la realización de ajustes de la explicación, se apreció mayor fortaleza en el perfil final de la explicación, por ejemplo, hubo varias etapas en las cuales se rediseñó la explicación científica escolar e, incluso, se ensayó la práctica experimental. Estos elementos no fueron tan evidentes en el perfil inicial de la explicación.
RM Contrastación	Tanto en el perfil inicial como en el perfil final de la explicación fueron incipientes las actividades de contrastación de la explicación. Este es un aspecto que se debe considerar al evaluar la comprensión de las explicaciones por parte de los estudiantes.
RM Conexiones	Durante la explicación, los profesores formularon diferentes actividades para conectar, entre conceptos y otros contextos, los conceptos desarrollados en la explicación.
RM Hechos históricos	En el perfil final de la explicación, el profesor usó hechos de la historia de la ciencia para reflexionar sobre la explicación científica. En el perfil inicial de la explicación hubo ausencia de hechos históricos, tanto en el diseño como en la implementación de la explicación científica escolar.
RM Argumentos	En el perfil final de la explicación, el docente hizo reflexiones teóricas durante la explicación científica escolar, a partir de argumentos históricos. En tanto, en el perfil inicial de la explicación, no se utilizaron este tipo de argumentos ni se mencionaron hechos históricos durante la explicación.
	PCNE02: <i>Cuando una vela arde, descubrimos que éramos capaces, gracias a un buen dispositivo, de obtener diferentes productos de ella. Había una sustancia que no se obtenía cuando la vela ardía de forma adecuada, que era hulla o humo, sino que tomaba otra forma y era parte de la corriente general que, ascendiendo desde la vela, se volvía invisible y se elevaba.</i>
	PCNE03: <i>Según Faraday, cuando el aire llega a la vela, se mueve hacia arriba por la fuerza de la corriente que produce el calor de la vela, y así enfría todos los lados de la cera, el sebo o el combustible para mantener el borde mucho más frío que la parte interior. La parte dentro se funde por la llama que corre por la mecha hasta donde puede ir, antes de que se extinga, pero la parte en el exterior no se derrite.</i>
	PCNE04: <i>En cada uno de nosotros se da un proceso viviente de combustión que funciona de una manera muy similar al de una vela.</i>
RM Trabajo Práctico	En el perfil final, la explicación se presentó con base en el trabajo práctico, al considerar que la réplica de los experimentos propuestos por Faraday en el libro <i>La historia química de una vela</i> (2004), se constituyen en el soporte para la explicación del fenómeno de la combustión de una vela (véase Anexo 7); por lo tanto, durante toda la explicación se usó este recurso. En el perfil inicial de la explicación, se realizaron menos prácticas experimentales y los experimentos se diseñaron utilizando libros de texto.
TE Inferencia	En el perfil final de la explicación se hizo énfasis en las actividades de inferencia, las cuales se programaron y realizaron al final de la clase. En el perfil inicial de la explicación, se realizaron algunas actividades de inferencia.
	PCNE01: <i>Explique por qué una vela no enciende en el agua si hay oxígeno.</i>

	<p>PCNE02: <i>Explique por qué un carro tanque cargado de combustible dice: “No apagar con agua”.</i></p> <p>PCNE03: <i>Observe el “Star Wars: El regreso del Jedi, Destrucción de la segunda Estrella de la Muerte” [(SW Clips Latino, 2016)]. Luego, conteste: ¿son posibles las escenas que se presentan en la película? Justifique su respuesta.</i></p> <p>PCNE04: <i>Si la respiración es un tipo de combustión viva, ¿por qué no nos quemamos?</i></p>
TE Escribir	En ambos perfiles de la explicación el docente hizo escribir la explicación del fenómeno a los estudiantes. La diferencia entre el perfil inicial y el perfil final de la explicación radicó en que, en el primero, los estudiantes escribieron lo que el profesor les dictó y, en el segundo, el docente formuló actividades para propiciar ejercicios de escritura propia en los estudiantes. Más aún, la escritura en el perfil final de la explicación, fue utilizada para evaluar la comprensión del fenómeno por parte de los estudiantes.
TE Resolución de problemas	En el perfil inicial de la explicación, los ejercicios se centraron en la resolución de ejercicios de lápiz y papel. En el perfil final de la explicación, se promovió el desarrollo de actividades que favorecieron la resolución de problemas, formulando preguntas que motivaron al estudiante para que utilizara los conceptos explicados en la clase.
	<p>PCNE02: <i>Faraday en el libro La historia química de una vela (2004) afirma: “Tal y como sabéis perfectamente, una vela se coloca ante nosotros y se enciende, desaparece, si ardió correctamente, sin dejar el menor rastro de suciedad en el candelabro y ésta es una circunstancia verdaderamente curiosa” (p. 45).</i></p> <p><i>A partir de la afirmación hecha por Faraday resuelve:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>¿Qué quiso decir con [la expresión]: “una vela se coloca ante nosotros y se enciende, desaparece”?</i> – <i>¿Qué significa [la afirmación] “ardió correctamente”?</i> – <i>¿Es posible que la combustión de una vela deje rastro?, ¿cuándo?</i> – <i>Escribe los datos que te parecen curiosos sobre la combustión.</i> <p>PCNE03: <i>Un globo aerostático funciona gracias a la diferencia de densidad del aire dentro del globo con respecto a la densidad del aire exterior. ¿Cuál es la función del quemador del globo aerostático?, ¿qué ocasiona su elevación?</i></p> <p>PCNE04: <i>De acuerdo con la imagen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>¿Quién produce más dióxido de carbono?, ¿por qué?</i> – <i>¿A dónde va a parar todo el dióxido de carbono que se produce en la respiración y en la combustión?</i> – <i>¿Qué cambios puede producir en la atmósfera?</i> – <i>¿Cómo se da el equilibrio?</i> – <i>¿Qué gas respiran las plantas?</i>
TE Amplitud	En ambos perfiles de la explicación científica escolar los docentes evidenciaron dominio de las temáticas. La diferencia fundamental radicó en que, en el perfil final, esta amplitud se relacionó con los conceptos de la historia de la ciencia.
TE Contexto similares	Los dos perfiles de la explicación científica escolar coincidieron en la explicación de los fenómenos en contextos similares al fenómeno estudiado. Sin embargo, mientras que en el perfil inicial este aspecto se enunció dentro de la explicación; en el perfil final formó parte de la estructuración de la explicación.
TE Contexto distinto	En cuanto a la utilización de la explicación científica escolar en distintos contextos, se presentó una diferencia marcada en ambos perfiles. En el perfil inicial no se expusieron otros fenómenos relacionados con el fenómeno explicado; en cambio, en el perfil final

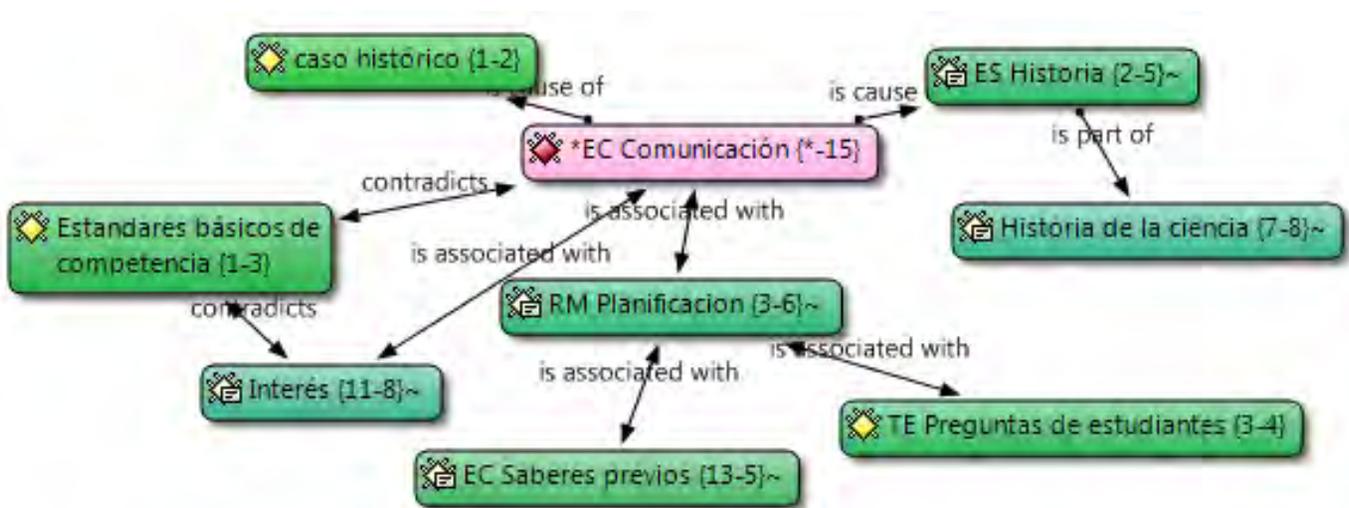
	el fenómeno fue explicado a la luz de otros hechos que se relacionaban y permitían comprenderlo mejor.
TE Explicación alterna	En ambos perfiles de la explicación científica escolar se evidenció que los docentes formularon actividades orientadas a clarificar la explicación para el estudiante, no obstante, estas no se lograron evaluar como explicaciones alternas o diseñadas de otras estrategias de enseñanza. Los docentes realizaron reorientaciones de la explicación, ya sea explicando nuevamente la temática y/o el experimento, haciendo énfasis en los conceptos o formulando otros ejemplos.
TE Preguntas	Respecto a la formulación de preguntas y la participación, en el perfil inicial los estudiantes casi no preguntaron y su participación fue poco significativa, limitándose a responder las preguntas que el docente realizaba. Al contrario, en el perfil final de la explicación científica, el profesor permitió que los estudiantes formularan preguntas relacionadas con el fenómeno natural explicado o con otros hechos similares.
TE Vínculos nuevos	En ninguno de los dos perfiles de la explicación científica escolar se establecieron vínculos interdisciplinarios, a pesar de que en el perfil final los docentes reflexionaron permanentemente sobre la importancia de hacer explicaciones de carácter interdisciplinar.

Elaboración propia. Resultado de la investigación

4.4.3 Taller de formación docente 8 Reflexión metacognitiva.

Una vez finalizada la implementación se desarrolló con los docentes el taller de formación docente denominado *Reflexión metacognitiva*. En este taller se reflexionó sobre los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar y el proceso de investigación, en general. La Figura 41 muestra la red semántica que representa los códigos principales establecidos por los docentes.

Figura 41 Red semántica correspondiente al taller sobre reflexión del proceso de investigación



Elaboración propia. Resultado de la investigación

En la Tabla 39 se hace la descripción y el análisis de los códigos derivados de la red semántica.

Tabla 39 Códigos presentes en el análisis del taller de reflexión metacognitiva.

Supercódigo	Códigos Principal	Códigos Subordinados
<p>Los docentes consideran que el diseño de la explicación que toma como fundamento la historia de la ciencia, facilita la comunicación entre docentes y estudiantes, permite una clase ágil, sencilla y práctica que conduce un desarrollo más completo de la explicación</p> <p><i>“Fue una experiencia muy ágil, sencilla y práctica, permitió involucrar mucho a los estudiantes”.</i> (PCNE03)</p>	<p>Interés</p> <p>Los docentes indicaron que los estudiantes vinculados a la explicación, se mostraron más interesados, participativos, motivados y emocionados frente al descubrimiento de un fenómeno complejo cuya explicación fue sencilla:</p> <p><i>“Los estudiantes estuvieron emocionados, motivados, aflora en el estudiante las preguntas”.</i> (PCNE03)</p>	<p>Los docentes perciben que las temáticas trabajadas desde historia de la ciencia, no están contempladas dentro de los contenidos básicos descritos en la programación curricular del área. De ahí que el seguimiento del currículo se constituye en una barrera para desarrollar con más frecuencia este tipo de diseños.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>CÓ:Estándares básicos de competencia (2-3)- si uno tuviera la libertad de hacer una clase así, no se podría porque uno tiene unas temáticas ya establecidas, porque cada periodo tiene sus temas,</p> </div> <p>Cabe destacar la importancia de la articulación de los saberes previos logrados con el diseño de la explicación.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>CÓ:EC Saberes previos (14-5)- fue una clase muy positiva, se indaga al estudiante los conocimientos previos</p> </div>

Elaboración propia. Resultado de la investigación

En suma, es posible señalar que el proceso de investigación desarrollado permitió *a)* reflexionar sobre el proceso de la explicación científica escolar en su propio contexto: el aula de clase; *b)* profundizar en la lectura y el análisis del caso consignado en el libro *La historia química de una vela* de Michael Faraday (2004); *c)* articular la historia de la ciencia en la explicación científica escolar y *d)* comprender que a través de la historia de la ciencia se pueden generar diferentes posibilidades didácticas para la enseñanza de la ciencia en el contexto escolar.

4.5 Resultados provenientes de los datos del estudio de caso múltiple

En este apartado se identifican los momentos más significativos en el proceso de diseño e implementación de la explicación de los docentes que conforman el estudio de caso múltiple. A continuación, se presenta la configuración del perfil temático de reflexión en los diferentes momentos.

4.5.1 Perfil temático de reflexión del caso de Camila.

La profesora Camila tiene 50 años, es docente licenciada en química, egresada de la Universidad de Nariño en 1991. Tiene 15 años de experiencia como docente. Se desempeña como profesora en los grados noveno, décimo y undécimo de la Institución Educativa Municipal Libertad, coordina el área de ciencias naturales y educación ambiental.

A. *Momento 1: identificación de la línea de base.* Con respecto a las concepciones sobre la explicación, la docente Camila reconoce la importancia de la fundamentación científica que debe tener el docente para realizar la explicación. Es así como se centra en la relación entre el conocimiento de la materia a enseñar y la capacidad para hacer entender los fenómenos a los estudiantes a través de la explicación.

Se concibe pues que la explicación “es dar a entender un fenómeno natural con la respectiva aplicación de leyes científicas y explicar el por qué suceden las cosas a partir de una teoría científica”. Este tipo de explicación está vinculada con el modelo nomológico-deductivo en el cual toda explicación que pretenda ser considerada científica, debe contener leyes generales susceptibles de contrastación empírica.

Esto concuerda con los planteamientos de Fraassen (1996) quien señala que la explicación científica está asociada con el porqué del fenómeno a través de una teoría considerada aceptable: “una teoría de la explicación debe ser una teoría de las preguntas “por qué”” (p.167). Conviene precisar entonces que existe una relación entre la teoría y los hechos que se explican.

Por su parte, en la explicación científica escolar se destaca la relación entre el conocimiento científico y la cotidianidad como una forma de aproximar al estudiante a la comprensión de las diferentes teorías científicas: “relacionar la teoría científica con hechos cotidianos del estudiante, con terminología más básica o elemental fácilmente entendible”.

En este sentido, la funcionalidad de la explicación científica escolar es la comprensión de los diferentes hechos científicos alrededor de los fenómenos naturales.

De igual manera, la docente reconoce la complejidad del proceso explicativo de la ciencia y manifiesta la necesidad de la didáctica como una herramienta para “la simplificación de las teorías científicas de una forma didáctica para que el estudiante realice un aprendizaje significativo”. Esto evidencia la necesidad de buscar formas alternativas de explicar la ciencia en el aula.

A partir de la observación de la clase de Camila denominada *Preparación de soluciones saturadas, insaturadas y sobresaturadas*, se caracteriza su práctica explicativa teniendo en cuenta las categorías de análisis descritas en la matriz de valoración.

En la categoría elementos contextuales se destaca el desarrollo de actividades para recordar los temas estudiados en la clase anterior e identificar los saberes previos a través de la formulación de preguntas centradas en el qué y el por qué, como se puede observar en la siguiente transcripción de la clase:

- Camila: Bueno jóvenes, entonces para el día de hoy vamos a hacer un pequeño resumen de los conceptos que hemos manejado hasta ahora. El primer concepto que hemos manejado hasta ahora es el concepto de qué, de solución. Y, recuerdan ¿qué es una solución?
- Estudiante: Una mezcla.
- Camila: ¡Correcto! El concepto es que es una mezcla. ¿Por qué? o ¿qué es una mezcla?, ¿es mezcla o la unión?
- Estudiante: Unión.
- Camila: Porque el concepto de combinación tiene otro significado, ¿verdad? Entonces, ¿qué es la mezcla?

Además, la docente señala claramente el propósito de la clase y hace énfasis en el uso de recursos presentes en el contexto y de uso cotidiano:

- Camila: ¿Qué trajeron?
- Estudiantes: Chocolisto [bebida achocolatada]
- Camila: ¿En el caso de ustedes?
- Estudiantes: Kola granulada [suplemento vitamínico]
- Camila: ¿Ustedes niñas?
- Estudiantes: Gelatina.
- Camila: ¿Ustedes?
- Estudiantes: Café instantáneo.
- Camila: ¿Ustedes?
- Estudiantes: Detergente.
- Camila: ¿Se dan cuenta? ¡Vamos a tener productos diferentes para concentraciones distintas!

En general, la comunicación se realiza a través del intercambio de preguntas, en tanto que, para hacer aclaraciones, se utilizan gráficos y esquemas en el tablero así como analogías y varios ejemplos.

En la categoría estructuración de la explicación no se evidencian elementos de la historia de la ciencia, se hace énfasis en el desarrollo de ejercicios y la resolución de problemas de lápiz y papel y se destaca la utilización de ejemplos.

Durante la explicación se recurre a diferentes afirmaciones con el propósito de definir los conceptos trabajados en la clase o resolver las dudas que expresan los estudiantes. Estas afirmaciones conservan una secuencia que no se evidencia de manera explícita debido a que la planeación de la clase se realiza de manera esquemática, describiendo el tema y las actividades generales de la sesión. En cuanto a la progresión temática, se establece teniendo en cuenta la complejidad de los conceptos de lo simple a lo complejo.

Cabe destacar que la profesora Camila se vale la construcción de mentefactos, a lo largo de toda la clase, tanto para la estructuración de la explicación como para la evaluación. Así mismo, la docente hace correcciones oportunas sobre las afirmaciones, los procesos, las concepciones o las creencias equivocadas de los estudiantes; se preocupa por demostrar por qué la información o conclusión que el estudiante aporta es inadecuada.

En la categoría de TE se evidencian espacios poco significativos para que el estudiante demuestre su comprensión con respecto a la explicación. En la clase, la docente dicta los conceptos relacionados con el fenómeno explicado y el estudiante los consigna en el cuaderno, en esa medida, no hay un ejercicio de escritura propio por parte del estudiante.

Se aprecia una participación predominante de la docente en la explicación de la clase. Cuando el estudiante no entiende la explicación, no se generan otras estrategias explicativas sino que la docente se limita a la repetición del concepto explicado. Por otra parte, no se vincula la explicación con otros fenómenos u otros conceptos.

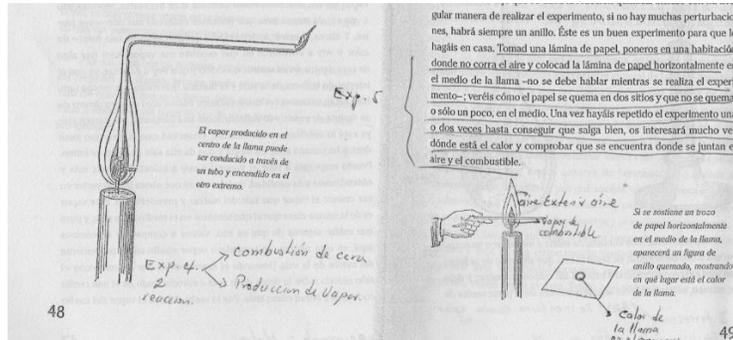
Al igual que en la categoría de transferencia, en la reflexión metacognitiva no se observan elementos fuertes que caractericen esta categoría. El diseño de la explicación es un ejercicio individual de la docente y no reflexiona sobre su planeación ni su implementación.

- B. *Momento 2: diseño de la explicación.* La explicación fue diseñada en los talleres de formación a partir de la lectura y el análisis del caso *La historia química de una vela* de Faraday (2004). Camila demostró interés por orientar el diseño hacia la comprensión del fenómeno de la combustión de una vela como un cambio químico en el cual se obtienen diferentes productos (dióxido de carbono, agua y energía). De ahí que proponga una secuencia didáctica explicativa fundamentada en la segunda conferencia de la obra en mención.

Para la profesora Camila, la lectura de este caso le permitió ampliar la perspectiva sobre el conocimiento y la explicación del fenómeno de la combustión de una vela. Reconoce, al igual que Faraday, que de un hecho sencillo se pueden derivar múltiples explicaciones que involucran conceptos complejos como el del cambio químico. La docente se inclina por

realizar la réplica de los experimentos descritos en la segunda conferencia de la obra de este autor, considerando el laboratorio como el espacio ideal para la enseñanza de las ciencias. La Figura 42 ilustra un ejemplo de selección de experimentos:

Figura 42 Selección de experimentos para realizar la réplica en la explicación



Elaboración propia. Resultado de la investigación

Camila, quien no conocía las conferencias impartidas por Faraday, reconoce tras su lectura que:

Las conferencias aportan significativamente en el estudio de las ciencias porque se desarrollan de manera práctica y son propiamente la aplicación del método científico. Además, el libro es de interés porque permite comprobar—a través de las prácticas—la explicación científica de las teorías y las leyes relacionadas con la combustión por medio de diferentes combustibles, compuestos y elementos químicos y, a su vez, identificar los distintos productos formados a partir de estos.

Basándose en la lectura, Camila señala que en el fenómeno de la combustión de una vela entran en relación fenómenos de tipo físico y químico:

Los físicos ocurren cuando ocurren cambios de estado de la materia y los químicos cuando a partir del comburente, el combustible se transforma en sustancias nuevas. Los fenómenos son la temperatura, la presión y la combustión.

Para la docente “las conferencias giran frente al fenómeno de la combustión y para ello utiliza variedad de reactivos, empezando por la parafina, otros combustibles e incluso elementos químicos”. Adicionalmente, “me parecen interesante las explicaciones que [Faraday] da frente a los productos y la especificidad de cada uno de acuerdo a los reactivos. Explicada con gran detalle la formación del gas carbónico y del agua”.

En consecuencia, Camila crea el diseño *El fenómeno de la combustión como cambio químico* (véase Anexo 12 C). El objetivo de este diseño se centró en la explicación:

La comprensión del fenómeno de la combustión desde el concepto de cambio químico y la explicación de los productos que se obtienen de la combustión de una vela. En tanto, la pregunta ¿cómo se obtiene el agua de la vela? fue la que direccionó todo el diseño de la explicación y, por ende, su contenido.

Para la identificación de los saberes previos, la docente diseña un cuestionario para aplicar en grupos de estudiantes y realiza la socialización de las respuestas, reconociendo la importancia de identificar tres momentos específicos: *a)* el antes: los saberes previos, *b)* el durante: la activación a través de la práctica y *c)* el después: la retroalimentación y la puesta en común. La Tabla 40 muestra un ejemplo de identificación de saberes previos:

Tabla 40 *Actividades para la identificación de saberes previos*

Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espera del estudiante?
Cuestionario No. 1	<p>Conformación de grupos de trabajo de 3 estudiantes para desarrollar la siguiente pregunta:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Explique qué aspectos conoce sobre el fenómeno de la combustión. – Socialice sus ideas en una lluvia de ideas. – Elabore una idea principal sobre el fenómeno de la combustión a partir de la socialización. 	El estudiante hace explícitas sus ideas con respecto al fenómeno de combustión.

Elaboración propia. Resultado de la investigación

Una vez planeada la actividad de los saberes previos, Camila identifica los experimentos que considera relevantes del caso presentado en el libro *La historia química de una vela* de Michael Faraday (2004) para estructurar la explicación. Para la docente es fundamental que la proposición sea demostrada a través del experimento:

- a. Experimento 1. Diferencia entre gas y vapor: el gas se mantiene como gas y el vapor se condensará a líquido.
- b. Experimento 2. El vapor producido por la llama puede ser conducido a través de un tubo.
- c. Experimento 3: Calor de la llama a través una hoja de papel. Muestra en qué lugar está el calor de la llama.
- d. Experimento 4. La combustión en espacio abierto y cerrado. El aire factor determinante para la combustión.
- e. Experimento 5. Tipos de combustión.

Con esta selección, identifica como hilo conductor para el diseño de la progresión temática la cita del libro: “Tal y como sabéis perfectamente, una vela se coloca ante nosotros y se

enciende, desaparece, si ardió correctamente, sin dejar el menor rastro de suciedad en el candelabro y ésta es una circunstancia verdaderamente curiosa” (Faraday, 2004, p. 45). De igual manera, toma como aporte para su diseño la reflexión del profesor Guillermo—profesor que no alcanzó a terminar el proceso en este estudio—quien considera que “la vela no se enciende y desaparece sino que se transforma”. En el Anexo 12 C se presenta el diseño final de la explicación del fenómeno de la combustión de una vela realizado por Camila.

Este diseño formula actividades tanto para la transferencia como para la reflexión de la explicación: *a) ¿Por qué una vela no enciende en el agua si hay oxígeno?, b) Elabore un mentefacto en el que plasme las ideas principales sobre el fenómeno de la combustión de la vela, c) ¿Cuál es la importancia de lo aprendido en el tema explicado? y d) ¿Qué actividades te llamaron más la atención?, ¿por qué?*

En este punto, se observa que Camila realiza una planificación más adecuada de la clase: *a)* diseña una guía de laboratorio que permite el trabajo participativo y en la cual los estudiantes se involucran en la explicación y *b)* concibe una progresión temática que favorece las conexiones lógicas entre los conceptos.

C. *Momento 3: explicación haciendo uso de la historia de la ciencia.* En la Tabla 41 se señalan las características del perfil de la explicación y se realiza la contrastación con el perfil inicial:

Tabla 41 *Perfil de contrastación de la explicación en el caso de Camila*

Contrastación del perfil temático de reflexión: Caso de Camila			
Categorías de análisis	Perfil temático de reflexión Momento 1	Perfil temático de reflexión Momento 2	Perfil temático de reflexión Momento 3
Elementos contextuales	Se identificaron actividades para propiciar la motivación de los estudiantes hacia la explicación. Sin embargo, no se presentaron elementos de la historia de la ciencia. En general, esta actividad se centró en preguntas sobre el tema anterior de clase.	En los talleres de formación se cuestionó la explicación de la ciencia en el contexto escolar.	Se identificó con claridad la intención de la explicación y se les explicó a los estudiantes el propósito de la clase. Se reconocieron los saberes previos de los estudiantes y se articularon al desarrollo de la explicación
Estructuración	No se evidenciaron elementos de la historia de la ciencia.	Se utilizó la historia de la ciencia para realizar el diseño de la explicación. Se hizo replica de los experimentos de la Conferencia II del libro <i>La historia química de una vela</i> (Faraday, 2004): <i>“Es que nosotros podríamos coger estos experimentos y hacer la réplica”.</i>	se hace uso de elementos del caso histórico como referente teórico de la explicación y para la formulación de las proposiciones que se utilizan en el discurso explicativo.

“De esta primera conferencia, me inclinaría por trabajar a modo de plan de aula, la elaboración de velas; buscando formas, materiales, colores, aromas y todas las posibilidades que se puedan ir descubriendo en conjunto con los estudiantes”.

Transferencia	Se nota ausencia de esta categoría.	A partir del estudio del caso histórico, se reconoce la importancia de trascender el campo de las asignaturas.	Se plantean actividades para establecer vínculos con otros fenómenos naturales. Se formulan problemas que están relacionados con el contexto y no problemas de lápiz y papel. En este caso, la docente, plantea la utilización de escritura discontinua y el uso de mentefactos.
Reflexión metacognitiva	No hay un espacio para reflexionar sobre el diseño de la explicación. Tampoco, se reflexiona sobre explicación.	Se reconoce la importancia de que los docentes trabajen en equipo y el valor de la reflexión en torno al estudio de un caso histórico. Además se reconoce el papel activo de educandos y los docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, al incorporar de modo flexible, colectivo y menos sistemático, el conocimiento científico adaptado al contexto social, cultural y psicológico de los educandos.	Para la docente: <i>“La ciencia se fortalece a través del estudio de la Historia de la Ciencia, la cual aporta en la transformación didáctica del saber y la generación de aprendizajes significativos”.</i>

Elaboración propia. Resultado de la investigación

4.5.2 Perfil temático de reflexión del caso de Oscar.

El profesor Oscar tiene 55 años, es docente licenciado en física, es egresado de la Universidad de Nariño en 1985, tiene 25 años de experiencia como docente y se desempeña como profesor de física en los grados décimo y undécimo de la Institución Educativa Municipal Libertad.

A. *Momento 1: identificación de la línea de base.* Para Oscar la explicación científica involucra otros procesos como la descripción, la argumentación y la justificación de un objeto de estudio de la ciencia, por lo tanto, en este caso la explicación busca:

Dar una razón del porqué de los fenómenos naturales basados en leyes naturales previamente demostradas. Es una serie de conceptos que se exponen para justificar o explicar una situación particular, es la descripción detallada y precisa de un fenómeno que es objeto de estudio por parte de la ciencia. A partir de una teoría, se busca su comprobación y la argumentación válida y explicativa del por qué sucede ese fenómeno.

Oscar asocia la explicación con dar respuesta a la pregunta ¿por qué?, lo cual concuerda con los planteamientos de Salmón (1984) quien reconoce que la explicación causal significa, valga la redundancia, evidenciar las causas por las cuales el fenómeno se produjo. Particularmente, en este caso, dar explicaciones significa mostrar cómo los sucesos encajan en la explicación causal del mundo y comprender los fenómenos en el vínculo existente entre causas y efectos (Salmon, 2006).

Para este docente, la explicación causal de los fenómenos desempeña un papel fundamental en la explicación científica y, en especial, en el de la ciencia en el aula ya que, en el contexto escolar, básicamente se explica por qué ocurre un fenómeno en términos de la relación causa-efecto. Se destaca el hecho de que, al igual que Camila, Oscar señala que la explicación científica se asocia con las teorías y las leyes de la ciencia.

Respecto a la explicación científica escolar, el docente manifiesta la importancia de retomar los saberes previos de los estudiantes al hacer la explicación, pues considera que:

El estudiante tiene conocimientos que muchas veces no concuerdan con el campo científico. Una explicación científica escolar sería tomar los preconceptos del estudiante y, por medio de explicaciones y las prácticas, encaminar al estudiante a que reformule sus conceptos y los lleve al conocimiento científico al nivel de comprensión de los estudiantes según el grado escolar.

Reconoce pues que la función de explicación en el contexto escolar es la comprensión de los fenómenos naturales.

A partir de la observación de la clase de Oscar en la categoría elementos contextuales, se identifica la formulación de preguntas orientadas a recordar el tema de la anterior clase y el énfasis en los conocimientos que ya deben tener los estudiantes:

¡Bueno muchachos, vamos a iniciar! Con esta clase ya terminamos el movimiento rectilíneo uniforme. Hicimos la aplicación de problemas y el análisis gráfico. Ya

sabemos cómo encontrar una gráfica a partir de una velocidad. Sabemos cómo calcular la velocidad a partir de una gráfica. Sabemos representar gráficamente la aceleración en función del tiempo y la distancia en función del tiempo. Eso está claro. Ese movimiento queda terminado.

Para la estructuración de la explicación el profesor utiliza diferentes ejemplos relacionados con el contexto de los estudiantes:

¡Imagínese que nosotros nos vamos de aquí a Túquerres!, arrancamos en el carro y salimos de la ciudad de Pasto, pero la carretera que hay de aquí hacia Túquerres es una carretera que tiene subidas, bajadas y curvas. ¡De pronto, nos para la policía!

Además, acude a diferentes ecuaciones y a la resolución de ejercicios de lápiz y papel:

¡Por favor, quienes hicieron el ejercicio!: acostúmbrense a leer el problema y sacar datos y, luego, aplicar la ecuación bien, con las unidades. Hay personas que yo no sé si es por el afán, pero no colocan unidades, entonces le colocan tres, ¿Tres qué?

El profesor no utiliza ningún tipo de libro de texto para dictar los conceptos. Durante toda la clase, Oscar insiste en la claridad de los conceptos: Ya tienen ustedes claro los conceptos básicos para poder resolver esta clase de hoy.

En general, la clase gira en torno a la siguiente dinámica: la explicación la realiza el docente, la participación de los estudiantes se limita a responder las preguntas planteadas por el profesor—casi siempre responden los mismos estudiantes—y, a pesar de que el docente insiste en lo interesante de la clase, no se evidencia un ambiente de motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje: “Vamos a seguir resolviendo problemas, pero antes de eso necesitamos aplicar unas nuevas ecuaciones que son bien interesantes, punto aparte escriba lo siguiente”.

Por lo tanto, la explicación del docente es un discurso unidireccional y formalizado con la utilización de ecuaciones poco significativas para los estudiantes. Es importante resaltar la constante motivación que hace el docente para la resolución de problemas: “[...] cuando les pongo ejercicios—sea hombre o mujer—y lo desarrollan bien... ¡qué lindo!, ¡les doy un abrazo!, ¡entonces les doy el abrazo a los estudiantes que hacen bien los problemas!”.

En la explicación no se evidencian actividades de TE y reflexión metacognitiva, así como tampoco elementos de la historia de la ciencia.

B. *Momento 2: diseño de la explicación.* Al igual que Camila, el profesor Oscar no conocía el libro *La historia química de una vela* de Michael Faraday (2004). Desde el inicio de su lectura, el docente se inclinó por trabajar el concepto de corrientes de convección:

El concepto principal y los conceptos relacionados—las corrientes de aire—llegan de forma irregular porque las velas tienen la cera acanalada y, por tener esta forma, hace que se mantenga recta. Sucede que la bolita se acerca o se adhiere a la pared. Eso significa que hay fuerzas de adhesión, porque existen fuerzas de cohesión y fuerzas de adhesión. Vemos que al rellenar el vaso, la bolita sigue acercándose, [entonces] tratamos de dejarla en el centro. Cuando nosotros comenzamos a regar más allá del borde, las fuerzas cambian, lo cual nos permite comprobar la sumatoria de las fuerzas y la tensión superficial.

Por otra parte, para profesor: “Faraday maneja una estructura más o menos estable en sus conferencias, las cuales usaba para divulgar el conocimiento: presentación, saludo, agradecimiento al público, intención, explicación, experimentación, observación directa y análisis de situaciones propuestas por el público”.

Una vez finalizada la lectura del libro, el docente reconoce los aportes que puede hacer la historia de la ciencia en la enseñanza. De igual manera, señala la explicación interdisciplinaria como un elemento prioritario en la comprensión de las explicaciones científicas. Sin embargo, para el profesor: “en el espacio del aula escolar no se tienen la libertad de hacer este tipo de clases porque se tiene que cumplir el diseño de las temáticas establecidas en las mallas curriculares”.

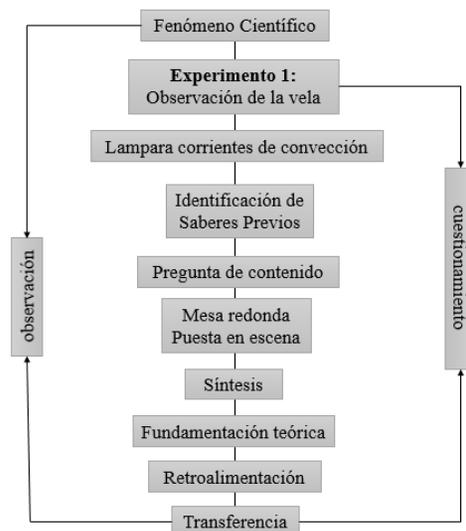
En el diseño de la clase, el profesor pretende:

Desarrollar actividades para promover en los estudiantes la observación y el cuestionamiento sobre la acción de las corrientes de convección y la fuerza de gravedad en la forma de la llama como consecuencia de la transferencia de calor.

Así como la comprensión del fenómeno a través de la explicación de la pregunta: “¿Cuáles son las fuerzas que actúan en la forma de la llama de una vela? ¿Cómo se comporta la llama cuando hay variación de la gravedad?”.

Para explorar los conocimientos previos de los estudiantes sobre la noción de corrientes de convección, el docente plantea un experimento de observación y comparación de la forma de la llama de una vela acanalada y otra lisa, con el fin de establecer la hipótesis para explicar el movimiento y la forma de la llama. El profesor Oscar, propone el esquema que representa la Figura 43:

Figura 43 *Esquema para la explicación científica escolar en el caso de Oscar*



Elaboración propia. Resultado de la investigación

En este esquema, el docente destaca la observación y el cuestionamiento como actividades que direccionan la explicación, así como la formulación de actividades de retroalimentación y T. El diseño de la explicación se detalla en el Anexo 12 C.

C. *Momento 3: explicación haciendo uso de la historia de la ciencia.* En la Tabla 42 se señalan las características del perfil de la explicación y se realiza la contrastación con el perfil inicial:

Tabla 42 Perfil de contrastación de la explicación en el caso de Oscar

Contrastación del perfil temático de reflexión: Caso de Oscar			
Categorías de análisis	Perfil temático de reflexión Momento 1	Perfil temático de reflexión Momento 2	Perfil temático de reflexión Momento 3
Elementos contextuales	En la observación de clase no se registraron aspectos relacionados con la historia de la ciencia. Se preguntó sobre conceptos como <i>vector</i> , <i>velocidad</i> , <i>rapidez</i> , estudiados en otras clases.	El docente cuestiona la función de la explicación científica escolar y lo relaciona con el aprendizaje no formal: “ <i>Antes no asistían a clase, no habían horarios, se asistía por el gusto de aprender ciencias. En este momento, algunos estudiantes no tienen esa motivación. En las conferencias, se pagaba por asistir, solo estaban jóvenes a quienes les interesaba la ciencia</i> ”. “ <i>En la época antigua, era posible trabajar "sin horario ni fecha en el calendario" y nadie los examinaba ni tomaba</i>	A partir de las lecturas el docente reconoce la importancia de Faraday como hombre y de ciencia y plantea: “ <i>Yo voy a hablar de Faraday</i> ”. El docente pasa de reconocer a Faraday como científico en el campo de la física a reconocerlo como un gran divulgador de la ciencia en su época: “ <i>Solo conocía a Faraday por los experimentos con electricidad y electromagnetismo, por ejemplo, la jaula de</i>

		<i>cuentas de lo que ellos investigaban”.</i>	<i>Faraday. Desconocía sus habilidades como conferencista”.</i>
Estructuración	El docente solo enunció la primera Ley de Newton. No hace ninguna explicación que articule la historia de la ciencia.	El diseño de la explicación, en este caso, se orienta por el estudio en profundidad de las corrientes de convección y la forma de la vela. A Oscar le llama la atención la cantidad de conceptos que se pueden estudiar a partir de este. Considera que la historia de la ciencia aporta a la estructuración del marco teórico de la explicación y la formulación de las proposiciones. El docente menciona en los talleres que para <i>“algunos docentes la epistemología de la ciencias, base de su formación inicial, fue muy débil y que hizo mucha falta en la comprensión de esta dimensión histórica de la ciencia”.</i>	Utiliza la historia de la ciencia en la explicación. Hace replica de experimentos y utiliza recursos
Transferencia	No existen elementos que vinculen la explicación con otros contextos.	A partir del estudio del caso, el docente: <i>“En primera instancia, se destaca la multidisciplinariedad que supone el estudio de una vela, es así como en ciencias naturales”.</i> El profesor Oscar, relaciona el conocimiento con la historia: <i>“Dar a conocer a nuestros estudiantes que lo que hoy se conoce no es un golpe de azar, es un proceso extenso que surge de una necesidad”.</i>	Se plantearon problemas relacionados con el contexto y se establecieron otros vínculos. Durante el desarrollo de la explicación, no se utilizaron fórmulas ni ecuaciones. A los estudiantes se les permitió escribir sus opiniones y hubo amplia participación de los jóvenes.
Reflexión metacognitiva	La preparación de la clase es un ejercicio individual. No se reflexiona sobre la explicación.	En los talleres, el docente destaca: <i>“La importancia de las respuestas con errores, yo las encaminaría a determinar claramente los conceptos científicos”.</i> <i>“Este experimento, si me gustaría que se haga en la</i>	Se tomaron los aportes de los estudiantes para el desarrollo de la explicación y se trabajaron temas no propuestos en la malla curricular. <i>“La historia de la ciencia permite dinamizar el currículo y hacer clases más interesantes”.</i>

práctica, porque lo importante es la curiosidad, a pesar de que no se llegue a hacer, puede que sea erróneo, que no funcione pero es curiosidad para el estudiante”.

Elaboración propia. Resultado de la investigación

4.5.3 Perfil temático de reflexión del caso de Victoria.

La profesora Victoria tiene 48 años, es docente licenciada en biología y química, egresada de la Universidad de Nariño en 1985 y tiene 25 años de experiencia como docente. Se desempeña como profesora de química en los grados décimo y undécimo de la Institución Educativa Municipal Libertad.

A. *Momento 1: identificación de la línea de base.* Para Victoria la explicación:

Es la manera o proceso como se argumentan los conocimientos o saberes científicos mediante la aplicación del método científico en sus etapas más significativas tales como: la observación, la formulación del problema, la formulación de hipótesis, la experimentación, la formulación de las leyes y las teorías y la comunicación.

En este caso, es evidente la utilización del método científico como forma de explicar la ciencia en el aula, validando la concepción tradicional de la enseñanza de las ciencias.

Durante la observación de la clase, se evidencia la formulación de preguntas para realizar la recapitulación de la clase anterior. Se hace énfasis en la utilidad de los conceptos en el desarrollo de pruebas externas: “¡Eso es lo que me interesa!, ¡hagan el esquema porque esto sí que les sale en el ICFES [Prueba Saber 11]”. Además, Victoria utiliza ejemplos de la cotidianidad para facilitar la comprensión de la explicación: “¡Atiéndanme! Para explicar la inercia en un ejemplo de nuestra vida cotidiana: ¡todos se han subido a un bus! ¿Cierto? Usted se sube, se toma de la baranda y...el bus arranca. ¿Qué movimiento hace Usted?”.

En algunos casos se omite la respuesta a las preguntas realizadas por los estudiantes, al considerar que ese tema ya se trabajó en la clase anterior y, por ende, quedó entendido.

Así como los casos de los profesores Camila y Oscar, no se evidencian elementos dentro de las categorías transferencia y reflexión metacognitiva. Tanto Oscar como Victoria, enuncian muchos conceptos que no explican—energía química, energía eólica, materia, gravedad, peso y masa—en tanto, los estudiantes tampoco se interesan por preguntar y se limitan a resolver las actividades que el docente plantea.

B. *Momento 2: diseño de la explicación.* De forma paralela a los otros casos, Victoria manifiesta no conocer las conferencias de Faraday (2004), pero sí el tema:

Para orientar la parte del proceso respiratorio es necesario tomar los diferentes tópicos de la temática y, la combustión no podía ser la excepción, considerando que de allí se desprende la base para el entendimiento del proceso biológico en sí.

Además, señala que:

Desde el punto de vista la biología el interés del libro radica en la interpretación del proceso respiratorio como un proceso que, en cierta parte es mecánico, ya que los procesos de ventilación e intercambio gaseoso son procesos mecánicos que son entendidos desde la parte de la física y, en este caso, desde el experimento de Faraday.

En cuanto al diseño de clase, Victoria manifiesta que a partir de las conferencias:

[...] se puede explicar el proceso respiratorio como un proceso biológico que todos los organismos vivos realizan con el objetivo de obtener energía, pero a la vez, está muy relacionado con la parte física en el sentido de que el proceso respiratorio biológico es también mecánico. A través de las conferencias se puede entender la importancia de los gases y la interpretación del vacío en correlación con el proceso respiratorio biológico.

Para el diseño de la explicación, la docente toma como referente el párrafo:

Debo explicarlos, de la forma más breve posible, en qué consiste este proceso. Consumimos comida, el alimento pasa a través de ese extraño conjunto de vasos y órganos de nuestro interior y es transportado hasta las diferentes partes del sistema, especialmente a las partes digestivas. Por otro lado, la parte que se encuentra ya transformada es transportada a través de nuestros pulmones por un conjunto de vasos, de forma que el aire y el alimento pasan a estar muy cerca, separados únicamente por una superficie sumamente delgada. (Faraday, 2004, p.149)

Para Victoria la intención de la explicación es que los estudiantes puedan “establecer la relación análoga entre combustión y respiración e identifiquen los productos de la combustión de una vela y la respiración en el hombre”; en tanto que su clase se orienta por la pregunta ¿cuáles son las diferencias y las semejanzas que se pueden establecer entre el proceso de la respiración en el hombre y el fenómeno de la combustión de una vela?

Para la identificación de los saberes previos, se formulan preguntas orientadoras para que los estudiantes expresen sus ideas respecto al fenómeno de la combustión y la respiración: ¿Por

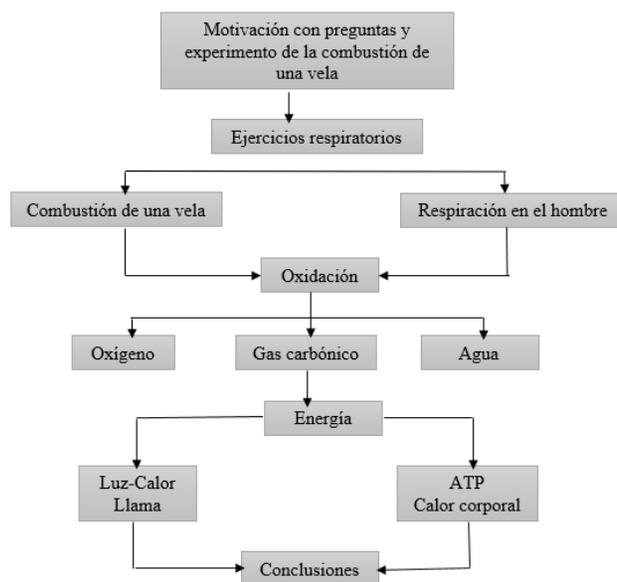
qué y para qué se alimenta?, ¿Qué siente después de comer?, ¿Qué siente cuando no come?, ¿Cómo y para qué se respira?, En los cumpleaños se encienden velas ¿para qué? ¿Cuáles son las condiciones para que una vela se encienda?

En la estructuración de la explicación, Victoria establece las proposiciones:

La respiración es una oxidación. La combustión es una oxidación. La oxidación es una reacción de un material con oxígeno. Los productos de la oxidación de un material de carbono son gas carbónico y agua. Sin aire no hay combustión. Las plantas usan el gas carbónico para producir alimento.

Estas proposiciones se desarrollan durante la explicación sobre el proceso respiratorio como proceso análogo a la combustión de una vela (Figura 44). El diseño de la clase se presenta en el Anexo 12 C.

Figura 44 *Esquema para la explicación científica escolar en el caso de Victoria*



Elaboración propia. Resultado de la investigación

C. *Momento 3: explicación haciendo uso de la historia de la ciencia.* Una vez realizado el diseño, se implementa en el salón de clase. En la Figura 43 se aprecia detalladamente el perfil de contrastación de la explicación hecho por Victoria:

Tabla 43 *Perfil de contrastación de la explicación en el caso de Victoria*

Contrastación del perfil temático de reflexión: Caso de Victoria			
Categorías de análisis	Perfil temático de reflexión Momento 1	Perfil temático de reflexión Momento 2	Perfil temático de reflexión Momento 3
Elementos contextuales	Se inició la explicación del tema recordando los conceptos anteriores.	Se formuló tanto la intención de la explicación como la pregunta de contenido con la réplica de un experimento del caso histórico.	Se utilizó un experimento del caso histórico para la identificación de los saberes previos en los estudiantes.
Estructuración	En la explicación no se hizo referencia a elementos de la historia de la ciencia.	Del caso histórico, la profesora Victoria, reconoce que: <i>“todas las conferencias son para jóvenes y se podrían trabajar en clase”.</i> Se inclinó por trabajar la conferencia VI del libro La historia química de una vela de (Faraday, 2004). Realizó la réplica de algunos experimentos y estableció la explicación de la relación ente la combustión y la respiración: <i>“Faraday propone un contexto para la explicación y un concepto llamativo: la</i>	La historia de la ciencia direccionó la explicación de la docente. Con los estudiantes se estudió la analogía descrita en el libro. La docente considera que al introducir la historia de la ciencia en la explicación: <i>“Se logra mayor atención en nuestros estudiantes, al desarrollar un marco histórico y, a la vez, ir introduciendo el marco conceptual de la explicación”.</i>

		<i>respiración viviente</i> ".	
Transferencia	Se utilizaron ejemplos de la cotidianeidad y se establecieron algunas relaciones de los conceptos con elementos del contexto: <i>"El estudiante, a partir de unas bases conceptuales y experimentales, logró resolver un interrogante y, más importante, logró contextualizar el conocimiento adquirido a situaciones de la cotidianidad de su entorno"</i> .	En el diseño se plantearon problemas que vinculaban el conocimiento con otros contextos.	Para la docente, la historia de la ciencia permite: <i>"Conocer los antecedentes del conocimiento a tratar"</i> . También: <i>"Valorar la importancia de la historia en la adquisición del conocimiento"</i> . Los estudiantes realizan ejercicios de escritura de la explicación.
Reflexión metacognitiva	La explicación fue un ejercicio individual del docente.	Para la docente: <i>"En el taller de formación sobre historia de la ciencia se exponen las ventajas, riesgos y posibilidades de incorporar la historia de la ciencia en la enseñanza. Aporta recursos a la explicación, contextualiza las controversias científicas, propone réplicas experimentales y desarrolla el pensamiento crítico y el carácter discursivo del conocimiento"</i> .	En la explicación hubo mayor participación de los estudiantes, se explicaron las diferentes preguntas y se formularon preguntas que evaluaban la explicación.

Elaboración propia. Resultado de la investigación

En general, en los tres casos se reconoce que la historia de la ciencia puede cambiar la perspectiva habitual de la explicación científica escolar y generar propuestas alternas para la explicación, fundamentadas en la réplica de experimentos, el análisis de casos históricos y el estudio de controversias científicas.

Los tres casos consideran que la historia de la ciencia se constituye en un fundamento teórico valioso para la estructuración de la explicación. En particular, valoran la mayor participación de los estudiantes y sus aportes durante la explicación.

En el siguiente capítulo, se presenta la discusión de los resultados, realizando la contrastación del análisis presentado anteriormente con el escenario investigativo detallado en los antecedentes y la fundamentación teórica.

5. Discusión

La discusión se soporta en los referentes teóricos revisados durante el proceso investigativo, así como en la interpretación y transferibilidad de los hallazgos, particularmente, se hace una reflexión sobre la práctica explicativa de los PCNE haciendo énfasis en los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar.

La investigación se centra en tres objetivos específicos. El primer objetivo, se encamina a caracterizar las explicaciones dadas por los PCNE sobre los fenómenos naturales en el aula escolar. Para su cumplimiento se aplicaron dos cuestionarios de carácter exploratorio a los docentes de ciencias naturales. A partir de los resultados obtenidos en dicha aplicación, se organizó la CODEP. Posteriormente, se grabaron dos sesiones de clase por profesor y se aplicó un instrumento exploratorio a los estudiantes. El resultado fue la gráfica de perfil de caracterización de las explicaciones dadas por los PCNE.

El segundo objetivo, se enfoca en analizar el diseño de actividades de aula que generan los profesores de ciencias naturales haciendo uso de historia de la ciencia al explicar fenómenos naturales después de participar del proceso de formación en la CODEP. Para concretar este objetivo, se realizaron los talleres de formación docente cuyo resultado fue el diseño de la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión de una vela, teniendo como referente el estudio del caso *La historia química de una vela* de Michael Faraday (2004) y la estrategia de formación docente diseñada para la explicación.

Finalmente, el tercer objetivo, se centró en estudiar las explicaciones sobre el fenómeno de la combustión cuando el profesor de ciencias naturales en formación incorpora la historia de la ciencia en sus intervenciones en el aula escolar. Para llevarlo a cabo, se realizó la grabación de la explicación científica escolar y se obtuvo una gráfica del perfil de la explicación que fue contrastada con la gráfica del perfil obtenida en el primer momento.

A continuación, se presenta la discusión de los resultados obtenidos con base en los objetivos descritos anteriormente.

5.1 Caracterización de la explicación científica escolar dada por los profesores de ciencias naturales en ejercicio

En el muestreo teórico (Glaser & Strauss, 1967) aplicado para la selección del grupo de casos, los datos indican la relación que los docentes establecen entre la formación docente y la explicación científica escolar al considerar que la formación les brinda el *fundamento científico*,

el conocimiento del *método científico* y la *competencia científica* para la explicación de los fenómenos en el aula de clase.

Estos hallazgos son coherentes con la teoría planteada por Shulman (1986; 1987) quien propone el concepto de conocimiento didáctico del contenido y sus categorías definiendo una serie de conocimientos que involucran tanto el conocimiento de la materia como la forma de la enseñanza en el aula. Así, los docentes señalan que, para la explicación de la ciencia en el aula, es necesaria una *fundamentación científica* la cual se puede relacionar con lo Shulman define como *contenido de la disciplina a enseñar*, por lo tanto, el conocimiento didáctico del contenido es un conocimiento esencial al momento de explicar la clase. De forma paralela, autores como Abd- El- Khalick et al. (2004); Cochran, King & DeRuiter (1991); Gess-Newsome (1999); Grossman (1990); Magnusson, Krajcik & Borko (1999) y Mora y Parga (2008), manifiestan que el conocimiento didáctico del contenido del profesor permite comprender la manera como el docente conoce y enseña la materia y, por ende, como se explica.

Los resultados del estudio muestran que los docentes le dan relevancia a la *fundamentación científica* necesaria para la explicación de la ciencia en relación con lo que Tardif (2004) identifica como saberes disciplinares los cuales “corresponden a los diversos campos de conocimiento, en forma de disciplinas, dentro de las distintas facultades y cursos” (p. 30), por lo tanto, la explicación implica tener un conocimiento de la materia a enseñar. No obstante, la formación trasciende el conocimiento de la disciplina e incorpora saberes curriculares y saberes de la experiencia (Angulo, 2002; Bustamante, 2006; Tardif, 2004). En esa medida, la formación docente se orienta por la dinámica de la elaboración y la socialización tanto del saber disciplinar como del saber pedagógico. Sin embargo, en el ámbito de las instituciones formadoras de docentes, se evidencia una tensión en la definición de las prioridades para la formación del docente (Corchuelo y Barrios, 2013; Ibarra Russi, 2010).

En este contexto, Mellado (2003) considera que la formación del docente es el eje dinamizador del cambio de la práctica educativa del docente, razón por la cual es esencial comprender el cambio didáctico en los profesores de ciencias experimentales y tomar decisiones oportunas sobre los aspectos que se deben conservar y aquellos que se deben cambiar en el proceso de enseñanza, empero “si no se trabaja sobre la formación y el cambio de los profesores, todo esfuerzo que se realice para cambiar la escuela será estéril” (352). Sobre este punto, Talanquer (2011) expone que la formación del docente en el área influye sobre los pensamientos, las decisiones y las acciones que se tomen en la clase de lo que se infiere que el conocimiento didáctico del contenido es una construcción (Mulholland & Wallace, 2005).

Por consiguiente, los hallazgos evidencian que la formación docente brinda los elementos necesarios para planificar la explicación científica escolar y mejorar la interacción en el aula en coherencia con los planteamientos de Moreland, Jones & Cowie (2006). Así pues, se considera

fundamental seguir investigando sobre la formación del docente en ejercicio con el propósito de establecer estrategias orientadas a favorecer la habilidad explicativa de los docentes que conduzcan al mejoramiento de su desempeño en su contexto de acción: el aula de clase.

Otro aspecto que evidencian los resultados es que en el discurso de los docentes persiste el enfoque generalizado de la explicación de la ciencia a través del *método científico*, priorizando la observación, la formulación de la hipótesis y la rigurosidad de la experimentación en la explicación científica escolar. Este resultado coincide con los hallazgos de la investigación de Camacho-González (2010):

Sin embargo, existe poco acuerdo sobre el carácter provisorio del conocimiento científico relacionado con factores individuales y sociales y aún persiste una visión dogmática en particular con aspectos relacionados a cómo se construye la ciencia, asumiéndola desde una visión rigurosa, jerárquica, objetiva, sistemática y válida [*sic*] asociada al método científico (p. 205).

Camacho-González afirma que en los docentes aún subsiste un enfoque dogmático de la ciencia al asumirla desde una visión rigurosa, jerárquica, objetiva, sistemática y válida asociada al método científico.

No obstante, la existencia de un método científico es cuestionada por Feyerabend (1981) quien sostiene que los científicos, en su empeño por conseguir el propósito de sus investigaciones y lograr sus resultados, emplean todos los medios disponibles. Más aún, sugiere que la investigación busca nuevos instrumentos, proporciona argumentos independientes, relaciona la evidencia y la teoría en nuevas direcciones, es decir, se disgrega en la búsqueda de nuevas metodologías de la ciencia enmarcadas en una serie de enfoques, abordajes, estrategias, procedimientos, recurso, técnicas y herramientas (Adúriz-Bravo, 2008; Feyerabend, 1981). En suma, los resultados muestran que el clásico método científico continúa esquematizando la explicación científica escolar de los PCNE en una explicación mecánica de los fenómenos, cimentada en la noción de verdad en el mundo de las *ciencias exactas* (Adúriz-Bravo, 2008).

Los resultados también demuestran que los docentes asocian la *competencia científica* con la capacidad explicativa. Para Camacho-González (2010), esta competencia está relacionada con los modelos teóricos y con el plano social y comunicativo de la persona, en este sentido, es posible afirmar que los docentes reconocen la explicación de los fenómenos como una competencia básica para la enseñanza de las ciencias (Saza et al., 2012).

Por otra parte, desde los resultados de este estudio se puede afirmar que los docentes, al explicar el fenómeno de la combustión, hacen énfasis en el concepto de la reacción química, al igual que en las investigaciones realizadas por Fleury & Campos (1995), Kind (2004) y Cabrera (2016). Esto indica que hace falta un mayor conocimiento tanto conceptual como procedimental

del fenómeno de la combustión por parte de los docentes que les permita orientar la explicación de este fenómeno en el aula de clase (De Jong et al., 1999). Cabe añadir que autores como Kind & Kind (2011), Ross (2013) y Ariza y Parga (2011) sugieren que hay ideas falsas en la enseñanza del fenómeno de la combustión o no se dan las explicaciones suficientes para la comprensión de este fenómeno en el contexto escolar Onyancha et al. (2009).

Respecto a la explicación del fenómeno de la combustión, los resultados del estudio muestran que los docentes del área de química realizan la explicación de este tema en sus clases, no como un saber específico dentro de las programaciones curriculares sino como un ejemplo dentro del estudio de las reacciones químicas; en tanto que los docentes de física y biología no contemplan el estudio de este fenómeno dentro de sus clases. Estos resultados tienen estrecha relación con los de la investigación de Kind (2004) quien, en relación a los diferentes niveles de comprensión para el fenómeno de la combustión entre los profesores de química, física y biología, demostró que eran los docentes de química quienes tenían una comprensión más profunda.

De todo lo anterior se desprende la necesidad de realizar propuestas programáticas alternas para la enseñanza de la combustión en la formación de maestros, por cuanto se trata un objeto educativo a partir del cual se puede integrar el conocimiento, la experiencia y el lenguaje asociado a la experimentación y a la enseñanza de las ciencias (Cabrera, 2016).

5.1.1 La formación en historia de la ciencia.

En los hallazgos descritos en el análisis de la información se evidencia que los docentes no tienen una formación sólida en la historia de la ciencia. Algunos profesores recibieron formación en historia de la ciencia como una asignatura dentro del programa de la licenciatura o la especialización y otros señalan no haber recibido este tipo de formación, por lo tanto, hay ausencia de formación en historia de la ciencia en la formación inicial de los PCNE tal como lo enuncia Álvarez (2014).

En concordancia con la teoría anacrónica propuesta por Kragh (2007), para la mitad de los participantes, la historia de la ciencia es una interpretación de los hechos según planteamientos actuales. Mientras que, en correspondencia con el concepto de historia recurrente de Bachelard (1972), para la otra mitad de los participantes, el pasado no debería estudiarse a los ojos de la ciencia de hoy, a menos que hayan buenas razones para ello. Ningún participante hace referencia a la teoría diacrónica Kragh (2007).

Hay consenso en las respuestas de los profesores con respecto al uso de la historia de la ciencia como recurso para la enseñanza de la ciencia, por lo tanto, los resultados coinciden con la afirmación de Libran & Izquierdo-Aymerich (2015) sobre el uso de la historia de la ciencia en

didáctica de las ciencias. Al respecto, conviene decir que es fundamental formular propuestas para la formación del docente en ejercicio articuladas al uso de la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias, por cuanto la historia de la ciencia permite planear un proceso de enseñanza aprendizaje más crítico y reflexivo de la ciencia (García-Martínez, 2009).

En síntesis, en coherencia con otras investigaciones (Adúriz-Bravo, 2008; Concari, 2001; Eder, 2005; Eder, 2005 y Edington, 1997; Geelan, 2013; Izquierdo-Aymerich y Sanmartí, 2000; Quintanilla, 2006) los hallazgos evidencian que la explicación ocupa un lugar prioritario en la enseñanza de las ciencias, desarrollándose en la mayor parte del tiempo de la clase.

No obstante, en la explicación científica escolar se prioriza el discurso del docente y no se realizan actividades para propiciar la comprensión de los fenómenos explicados. A pesar de que los docentes manifiestan que los estudiantes tienen ritmos de aprendizaje distintos, en sus explicaciones no se evidencian actividades que fomenten la individualización de la explicación, razón por la cual las explicaciones son un medio de instrucción que no contribuye al aprendizaje significativo de la ciencia (Wittwer et al., 2010).

Por otra parte, los resultados de la investigación reflejan la pasividad de los estudiantes durante la explicación, en algunos casos se limitan a consignar en el cuaderno las notas que dicta el profesor; en esa medida, no se generan actividades para propiciar la comprensión de los fenómenos o estas se realizan de manera aislada. Esta pasividad durante el proceso de la explicación unida a la falta de oportunidades para manifestar y corregir el error, genera ineffectividad sobre los resultados de aprendizaje (Gimenez, 2016; Roelle et al. 2014) procedentes de la falta de comprensión de los conceptos científicos (Candela, 1991; Candela, 1993; Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003; Rey-Herrera y Candela, 2013).

En contraste con las investigaciones realizadas por Solsona, Izquierdo y Gutiérrez (2000) y Quintanilla (2006), en las explicaciones dadas por los docentes no se propicia un ambiente de comunicación que permita el debate de la ciencia, ni se generan espacios que fortalezcan la capacidad de leer y escribir el mundo de los fenómenos.

En consecuencia y, de acuerdo con los datos obtenidos, la explicación es de carácter descriptivo verbal, expositivo, dogmático y fundamentado en el método científico. De ahí que, a los estudiantes no se les enseña a explicar la ciencia sino a realizar la descripción de los fenómenos (Rowell & Ebberts, 2004; Treagust & Harrison, 1999), por cuanto la capacidad de formular explicaciones está ligada a su enseñanza (Leite et al., 2007; Zangori & Forbes, 2014).

En algunas explicaciones, los resultados demuestran que los PCNE se centran el desarrollo de ejercicios de lápiz y papel, la resolución ecuaciones, el empleo de fórmulas y el desarrollo de experimentos de carácter demostrativo (Cortés y De la Gándara, 2006; Gil, Carrascosa, Furió y

Martínez, 1991; Insausti, 1997). Por esta razón, Karam & Krey (2015) sugieren la formación de docentes para superar el uso de las ecuaciones como herramientas de cálculo y validar su poder explicativo.

Además, de acuerdo con los hallazgos la explicación de la ciencia es ahistórica, proporcionando un esquema de ciencia en el que prima la objetividad, la racionalidad, la exactitud, la precisión, la neutralidad y la formalización del conocimiento como si las teorías y fenómenos científicos se generaran de manera invariable en el tiempo (Quintanilla et al., 2014).

Los hallazgos se corroboran con la afirmación de Cabrera y Quintanilla (2014) al señalar que “la manera como es abordada la enseñanza de la química conlleva a una comprensión desarticulada de los modelos explicativos de los fenómenos, los instrumentos y las acciones que los docentes en formación inicial deberían adquirir sobre el conocimiento químico” (p. 203).

5.2 Diseño de la explicación científica escolar

Para el diseño de la investigación se programaron y diseñaron talleres de formación docente. Estos talleres demuestran que, a través de la fundamentación teórica que se brinde a los profesores, es posible modificar la práctica cotidiana de los docentes. No obstante, para una transformación de la práctica explicativa es necesario involucrar a los profesores en situaciones explícitas de enseñanza y de formación permanente, que permitan la evolución del quehacer pedagógico y didáctico en función del desarrollo disciplinar, la comprensión de la naturaleza de la ciencia y, en el caso específico de la investigación, en historia de la ciencia. En este sentido, los talleres de formación docente son una herramienta para la formación de los docentes en ejercicio, al considerar que estos aprenden más sobre la enseñanza de las ciencias en la práctica que en los cursos de formación universitaria (Geddis y Wood, 1997).

Investigaciones como las de Camacho-González (2010), Cuéllar (2010) y Garrido (2016) corroboran la utilización de los talleres de formación docente y validan sus resultados en función de la formación de los docentes, reconociendo que los estos se vuelven más críticos sobre su práctica cotidiana.

En la investigación, el eje de formación fue la historia de la ciencia haciendo énfasis en el estudio del caso *La historia química de una vela* (Faraday, 2004), obra que presenta una serie de conferencias impartidas en la Royal Institution y en las que el Faraday hace gala de su estilo y elocuencia en la divulgación de la ciencia impartiendo una serie de explicaciones científicas a través de la exposición y la experimentación.

Un corolario más, los hallazgos de este estudio demuestran tanto los aportes del caso presentado por Faraday en el diseño de la explicación científica escolar como el reconocimiento de las habilidades de este autor en la divulgación de la ciencia y la experimentación. De suerte tal que los docentes formulan la explicación realizando la réplica de los experimentos descritos en la obra que eran coherentes con la pregunta de contenido para el diseño de la explicación.

Bajo esta perspectiva la historia de la ciencia aporta ejemplos paradigmáticos que permiten dar significado a los fenómenos a través de la presentación de narrativas o hechos históricos ejemplares (Bonet, 2005; Jiménez, 2000; Quintanilla, 2006, Cabrera & Quintanilla, 2014; Izquierdo, Quintanilla, Vallverdú, Merino, 2014).

La obra *La historia química de una vela* (Faraday, 2004) trata un caso histórico ejemplar que ha se mantenido vigente hasta nuestra época, suscitando gran interés en investigadores como Baldinato (2009) quien a través del análisis del texto destaca la influencia de Marcet en el trabajo de Faraday y su papel trascendental en la divulgación científica del siglo XIX, resaltando su lenguaje expresivo y vigoroso unido al perfeccionamiento de las técnicas y prácticas experimentales.

Por otra parte, los PCNE coinciden con Cerreta (2012) en resaltar la importancia de la manipulación en las prácticas experimentales y la realización de experimentos sencillos, además de enfatizar en el uso de las analogías, la formulación de varios ejemplos de la naturaleza y la exhibición de experimentos en la explicación científica.

Los docentes identifican a Faraday como un hombre de ciencia que se destaca por sus aportes en la educación científica para los jóvenes y en la explicación de la ciencia. A través de la lectura del caso histórico se cuestionó la explicación tradicional de la ciencia y se resaltó la obediencia, la humildad y la paciencia de Faraday en la investigación, valores que encontraron necesarios para la enseñanza de la ciencia y la explicación. Un resultado reiterativo en la investigación y derivado del estudio del caso histórico es la sencillez con la que deben realizar las explicaciones. Pues “¿quién puede estudiar un tema si se encuentra dificultades por el camino ajenas al mismo?” (Faraday, 2004, p. 29).

Por esta razón, en el diseño de la explicación los docentes consideraron la importancia de mantener el interés de los estudiantes en la explicación. La obra en mención, les permitió reconocer el valor de realizar explicaciones de manera pausada, consiguiendo que el estudiante se dirija hacia la esencia de los conceptos explicados, los entienda y pueda utilizarlos en temas sucesivos. Es así como los profesores enfatizan en el uso de esquemas de representación para favorecer la comprensión de los estudiantes, lo que tiene relación con algunas investigaciones (Akaygun & Jones, 2013; Oliveira et al., 2015; Parnafes, 2012; Yeo & Gilbert, 2014) que plantean que el uso de los modelos en la explicación puede mejorar significativamente su comprensión.

Ahora bien, es importante destacar que en los resultados se dio una controversia que puede ser denominada como *la lucha entre expertos* (Izquierdo et al., 2014) respecto a la afirmación que Faraday profirió en su Conferencia VI: “Tal y como sabéis perfectamente, una vela se coloca ante nosotros y se enciende, desaparece, si ardió correctamente, sin dejar el menor rastro de suciedad en el candelabro y ésta es una circunstancia verdaderamente curiosa” (2004, p. 45).

La controversia gira en torno al concepto de cambio químico en el cual hay un proceso de transformación de la materia asociado al concepto mismo de la química y no al de la desaparición. Para los PCNE02 y PCNE05, esta última se relaciona más con la alquimia y la magia de ahí que “la vela que se coloca ante nosotros y se enciende, se transforma”. En la otra afirmación, el PCNE05 manifiesta que “la respiración es un proceso que se realiza en la mitocondria y no en los pulmones”.

En esa medida, a partir de la historia de la ciencia se pueden generar debates interesantes que suscitan la controversia científica y que tienen un alto grado de valor pedagógico y didáctico. Por lo tanto, la historia de la ciencia es una historia de luchas, denuncias, de errores que generaron verdades y de pruebas que dejaron de serlo (Chamizo, 2014).

Como resultado del taller de formación docente, los PCNE elaboraron el plan de clase de la explicación y la guía de laboratorio y organizaron el material didáctico para la explicación científica escolar con una visión desde la historia de la ciencia haciendo un avance en el diseño de materiales articulados a la historia de la ciencia, un eje señalado en las conclusiones de la Conferencia de Strasbourg (Álvarez, 2014).

De forma paralela, los talleres de formación docente y el trabajo en la CODEP llevaron a reflexionar la explicación científica escolar desde la labor del docente como protagonista en la enseñanza de la ciencia, a repensar su actuar y reconocer la importancia del trabajo en equipo (Izquierdo-Aymerich, 2000; García-Martínez, 2009).

5.3 Aportes de la historia de la ciencia en la enseñanza científica escolar

En este aspecto, el proceso de investigación permitió evidenciar los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar y comprender que a través de la historia de la ciencia se pueden generar diferentes posibilidades didácticas para la enseñanza de las ciencias en el contexto escolar. Es así como “la *historia* de una ciencia se convierte en parte inseparable de la ciencia misma; la historia es esencial para el *desarrollo* posterior de una ciencia, así como para dar *contenido* a las teorías involucradas por dicha ciencia en cualquier momento particular” (Feyerabend, 1981, p. 14).

La historia de la ciencia es el eje central de la tesis, por lo tanto, la discusión sobre los aportes se orienta por las cuatro categorías de análisis: elementos contextuales, estructuración de la explicación, transferencia y reflexión metacognitiva.

A. *Elementos contextuales.* Los hallazgos de la investigación señalan que la historia de la ciencia permite, en primera instancia, definir nuevas temáticas relacionadas con conceptos y procedimientos que generalmente no se explican en el aula. Así, se definieron fenómenos a explicar relacionados con la combustión y que no están descritos directamente en la programación curricular del área. Con lo cual la historia de la ciencia permitió darle un nuevo sentido a la planeación del área y brindarle la posibilidad de reorientar el currículo de ciencias a partir de sus aportes con contenidos más innovadores y con una orientación metacientífica (Izquierdo-Aymerich et al., 2016).

Por otra parte, los resultados demuestran la formulación de preguntas de contenido que orientan el proceso explicativo. Este resultado es coherente con la teoría de Achinstein (1989) y se relaciona con el aporte de la historia de la ciencia en la formulación de preguntas más interesantes y auténticas que implican un reto intelectual más allá de la memorización de conceptos (Izquierdo et al., 2014).

En este sentido, la historia de la ciencia es una constante pregunta que interroga por un problema que ha de dilucidarse y que exige razones explicativas de los hechos, los datos, los vestigios, las ideas y las experiencias humanas. Sin embargo, “no es un preguntar cualquiera, sino un saber preguntar” (Muñoz, Daza y Quintanilla, 2014, p. 17) que involucra el enseñar a pensar (Furman, 2008; Izquierdo-Aymerich & Sanmartí, 1990; Muñoz et al., 2014) y se relacionan con el conocimiento estructurado denominado modelo teórico que soporta la explicación científica escolar (Izquierdo et al., 2014).

En consecuencia, en los hallazgos se hace evidente el aporte de la historia de la ciencia en la definición del fenómeno a explicar, la pregunta de contenido, la intención y la contextualización de la explicación científica escolar.

B. *Estructuración de la explicación.* La evidencia indica que la historia de la ciencia es un insumo teórico fundamental para comprender el desarrollo del conocimiento científico y la orientación de actividades de carácter explicativo.

En este sentido, en la investigación, los docentes realizaron la reconstrucción de episodios históricos que permitieron estudiar el fenómeno de la combustión de una vela como un hecho significativo en la historia de la ciencia y diseñaron la progresión temática de la explicación científica escolar como una construcción teórica muy elaborada de un hecho aparentemente

simple: la combustión de una vela. Así, los resultados concuerdan con los planteamientos de Méheut (2004) quien afirma que la historia de las ciencias, al igual que la filosofía y la didáctica de las ciencias, “forma parte de la fundamentación teórica de las secuencias de enseñanza y aprendizaje que se sitúan en el marco del ‘constructivismo didáctico’” (citado por Izquierdo et al., 2014, p. 31).

En los hallazgos no se evidencia la interdisciplinariedad en la explicación científica escolar, pues aún persiste el problema de la fragmentación del conocimiento entre las áreas dentro de la práctica escolar, la cual obedece a la estructura del plan de estudio y a la formación disciplinar de los docentes. No obstante, se logró la integración entre la explicación de los conceptos y la práctica experimental en una coherencia dentro los modelos conceptuales y los materiales procedimentales García-Martínez e Izquierdo Aymerich (2014).

En los resultados de la investigación los profesores señalaron la importancia de trascender las disciplinas en la explicación científica escolar, particularmente, un docente reconoce que, en la época en la que se escribió el caso histórico, no existía la división entre las disciplinas, por lo tanto, la observó el fenómeno en conjunto. En este sentido, el uso de la historia de la ciencia en la explicación proporcionaría herramientas para generar planes de estudio con orientación interdisciplinar.

Estos hallazgos son coherentes con los planteamientos de Calafell y Bonil (2007) y Gómez, et al., (2004) quienes plantean la historia de la ciencia como una metadisciplina que posibilita el diálogo interdisciplinar en la explicación de los fenómenos lo que Fourez (1997) denomina *islotes de racionalidad*. Empero, lograr este propósito en las instituciones educativas es un ejercicio investigativo de largo aliento, por cuanto implica reflexionar sobre la formación docente, los lineamientos generales establecidos para la enseñanza de la ciencia y la estructura organizativa de las instituciones.

En síntesis, la historia de la ciencia tiene un valor pedagógico y didáctico fundamental en la explicación científica escolar (Camacho-González, 2010; Cuéllar, 2010; García-Martínez, 2009; Matthews, 1994) que permite la comprensión conceptual y procedimental del fenómeno.

- C. *Transferencia*. En este aspecto los resultados evidencian avances en los vínculos que se establecen en la explicación tanto en contextos similares como en contextos diferentes al fenómeno estudiado. Hay una mayor participación de los estudiantes durante el proceso explicativo y se inician los procesos de escritura discontinua en los estudiantes, algunas veces relacionados con la resolución de problemas abiertos. Esto contrasta con los resultados del perfil uno de la investigación y los resultados de los estudios de Geelan (2013) en los cuales los docentes utilizan las ecuaciones, los símbolos y los cálculos para la formalización de la

explicación. Sobre este aspecto, la historia de la ciencia permite diseñar y contextualizar los problemas para la comprensión de los fenómenos naturales e iluminar los procesos de pensamiento, acción y lenguaje (Izquierdo-Aymerich, García-Martínez, Quintanilla y Adúriz-Bravo, 2016).

Por lo tanto, la historia de la ciencia promueve la explicación como competencia cognitivo-lingüística Camacho-González y Quintanilla (2008) en la cual se presenta más desarrollo de narrativas en un ambiente de diálogo que posibilita el desarrollo cognitivo que produce el comunicar, el pensar y el actuar. En este contexto, García-Martínez (2009) considera que con la articulación de la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias el proceso de aprendizaje se hace más crítico y reflexivo.

D. *Reflexión metacognitiva.* En los hallazgos de la investigación se evidencia que la historia de la ciencia genera aportes significativos tanto en la incorporación de hechos históricos que permiten reflexionar sobre el conocimiento científico como en los argumentos que se utilizan en la explicación. Por lo tanto, la historia de la ciencia proporciona un contexto de reflexión al describir el paralelismo entre las explicaciones que se dan en otro momento histórico, más aún la historia de la ciencia puede sugerir explicaciones sobre ciertos aspectos del fenómeno (Izquierdo-Aymerich et al., 2016).

Aunque en la etapa de reflexión metacognitiva de la explicación científica escolar no se evidencian elementos fuertes al momento de explicar la clase, los hallazgos permiten determinar que hay un proceso de revisión, ajustes y contrastación en el desarrollo de la práctica experimental, incluso se presentaron resultados diferentes o errores en el proceso de la experimentación, lo que coincide con la idea de Faraday sobre el hecho de que en la ciencia es posible aprender de los errores.

Finalmente, los resultados evidencian que la historia de la ciencia permite trabajar la explicación científica escolar como un acto ilocucionario, en donde se conjugan el pensar, el comunicar y el actuar sobre ciencia. Sin embargo, es claro que la historia de la ciencia necesariamente debe hacer parte de la formación del docente en ejercicio para reorientar la práctica explicativa en el contexto escolar.

A continuación se presentan las conclusiones generales del estudio respecto a: *a)* el muestreo teórico: el inicio de la investigación, *b)* el proceso de conformación de la CODEP, *c)* la caracterización de las explicaciones de la línea base, *d)* el diseño de la explicación, *e)* la explicación del fenómeno de la combustión de una vela, *f)* la explicación científica escolar a los jóvenes, *g)* los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar, *h)* la contrastación del perfil inicial de la explicación y el perfil final de la explicación científica escolar, *i)* el proceso de transformación de la explicación científica escolar *j)* la metodología

utilizada. De igual manera, se exponen las limitaciones del estudio y las proyecciones para futuras investigaciones.

Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones que representan las principales contribuciones de la tesis y que se relacionan con la caracterización de los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar. De igual manera, se exponen las limitaciones del estudio y las posibles implicaciones para el desarrollo de futuras investigaciones.

A. En relación al muestreo teórico: el inicio de la investigación

El objetivo general de la investigación fue caracterizar los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar dada por los PCNE del fenómeno de la combustión de una vela. Para conformar la CODEP, se identificaron las similitudes y diferencias existentes entre los docentes de ciencias naturales de la Institución Educativa Municipal Libertad con respecto a las ideas sobre: explicación, explicación científica y explicación científica escolar, así como su formación en historia de la ciencia y DC.

A partir del muestreo teórico aplicado, se identificaron las principales tendencias de los profesores y se definieron los criterios para los talleres de formación docente centrados en la práctica explicativa de los docentes. A lo largo del proceso investigativo se buscó respuesta a la pregunta ¿cuáles son los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar?, realizando la caracterización de las explicaciones dadas por los profesores en dos momentos. La explicación inicial, en la cual se evidenció que los profesores de la CODEP no hacen uso de la historia de la ciencia en sus explicaciones y, la explicación final, en la cual se realizó la articulación de la historia de la ciencia en el diseño de la explicación científica escolar, señalando la posibilidad de desarrollar habilidades explicativas en los docentes con el uso de la historia de la ciencia en el proceso explicativo de la ciencia escolar.

B. En relación al proceso de conformación de la CODEP

Para la selección del grupo de casos se realizó el muestreo teórico. En este caso, se obtuvo un supercódigo que evidencia la alta co-ocurrencia de citas que relaciona la formación docente y la explicación. Esta afirmación implica que el conocimiento de la disciplina, la experiencia, y los factores personales del docente influyen en la explicación de la ciencia. Por tanto, el saber

docente tiene una relación directa sobre la concepción de la explicación por parte del profesor y la manera como explica la ciencia en el aula de clase. Este hallazgo es fundamental por cuanto en el análisis de las sesiones de los talleres de formación docente se corrobora que la formación del docente en ejercicio determina su práctica explicativa.

Por otra parte, los elementos que los docentes enuncian que son necesarios para el desarrollo de la explicación científica escolar son: *a) el fundamento científico* el cual hace referencia a que toda explicación se sustenta en un referente teórico; *b) el método científico* a través del cual se valida la explicación con la experimentación y *c) la competencia científica* la cual determina las competencias necesarias por parte del docente para la explicación, competencia que también se espera desarrollar en los estudiantes. Es importante subrayar que el instrumento exploratorio aplicado permite identificar la tendencia de los PCNE a explicar la ciencia haciendo uso del método científico (la observación, la formulación de hipótesis, la experimentación) dándole, según ellos, rigurosidad a la explicación.

Para los docentes es claro que la explicación científica escolar es una actividad fundamental en la enseñanza de las ciencias por cuanto permite que los estudiantes se aproximen al campo científico, no obstante, reconocen que existen diferencias importantes entre la explicación científica y la explicación científica escolar, señalando que se diferencian en la rigurosidad, la profundidad y la finalidad. Otro aspecto importante que se menciona es la relación entre la explicación científica escolar y la DC, considerando que el uso de la didáctica hace posible la aproximación de la explicación al contexto de los estudiantes, por lo tanto, las explicaciones se realizan para que los estudiantes comprendan y den sentido a los fenómenos, además de resignificar sus concepciones previas.

Con respecto a la formación en historia de la ciencia y DC, se evidencian diferencias entre los docentes de la CODEP, encontrando que algunos recibieron formación tanto en historia de la ciencia como en DC en su formación inicial, otros no recibieron esta formación específica y algunos han realizado procesos de autocapacitación. Sin embargo, coinciden en que la historia de la ciencia es un recurso importante para la enseñanza de la ciencia por cuanto permite reconocer los acontecimientos históricos y comprender los avances de la ciencia.

C. En relación a la caracterización de las explicaciones de la línea de base

Para el desarrollo del primer objetivo de la investigación se busca responder a la pregunta ¿cómo son las explicaciones que realizan los profesores de ciencias naturales en ejercicio sobre fenómenos naturales en el aula escolar? Para ello, se realizó la grabación de video de dos clases dadas por los PCNE, combinado los softwares de análisis *Atlas Ti 7.1* y *Transana 3.0*. A través del análisis de los instrumentos fue posible establecer un perfil de caracterización de la

explicación teniendo en cuenta los elementos establecidos en la matriz de valoración: elementos contextuales, estructuración de la explicación, TE y reflexión metacognitiva.

A partir de los hallazgos se puede concluir que no es posible establecer una explicación dada por los PCNE como *la mejor*. No obstante, se puede señalar que hay elementos comunes durante la explicación que hacen referencia a: *a)* la presentación del tema, *b)* la formulación de preguntas sobre el contenido de la clase anterior centradas en el ¿qué?, *c)* el desarrollo de actividades para conocer los saberes previos de los estudiantes y *d)* las explicaciones de carácter expositivo, priorizando la comunicación del docente hacia el estudiante.

Es importante reconocer que cada docente tiene su estilo para explicar la clase. Así, los docentes utilizan diferentes actividades para hacer énfasis en los conceptos estructurantes del fenómeno explicado. Se evidencia una progresión temática que permite avanzar en el nivel de complejidad de la explicación, existiendo, en algunos casos, actividades que relacionan los saberes previos con los nuevos conceptos que se explican.

En las explicaciones hay una clara diferencia entre el contenido de la explicación al momento de explicar el fenómeno y la explicación que se dicta para ser consignada en el cuaderno, la cual se caracteriza por el uso de expresiones verbales más elaboradas y una mayor organización textual, por ejemplo, un profesor utiliza el libro de texto para dictar la explicación.

En cuanto al uso de recursos, se puede concluir que no existe una planificación adecuada para el uso de recursos durante la explicación científica escolar, el uso del tablero se limita al desarrollo de ejemplos y algunas anotaciones que el docente considera importantes, más no se evidencia el uso de esquemas de representación para destacar los conceptos relevantes.

Las explicaciones que realizan los docentes no son interdisciplinarias, ni se relacionan con otros contextos, por lo tanto, no hay transferencia de la explicación ni se promueven espacios de reflexión de las explicaciones diseñadas entre pares.

En general, se observa que las explicaciones dadas por los docentes son coherentes con los saberes y las actividades programadas en las mallas curriculares, en este sentido, los docentes buscan cumplir con las programaciones institucionales establecidas, así como mantener el promedio obtenido por el área en las pruebas externas, siendo los resultados en las pruebas *Saber 11* un indicador del desempeño del área de ciencias en la institución que condiciona el qué se debe explicar y cuándo se debe explicar, además del énfasis y el tiempo que se debe dedicar al desarrollo de los temas.

En las explicaciones dadas por los docentes no se evidencia el uso de la historia de la ciencia en ninguna de las etapas de la explicación científica escolar, se mencionan las leyes, los

conceptos y los acontecimientos durante la explicación, sin embargo, no se establece ninguna referencia histórica.

Por ende, se puede concluir que, aunque los docentes piensan tener una forma constructiva para la explicación de la ciencia, al momento de explicar la clase estos elementos no se hacen tan evidentes, más aún, existe un condicionamiento de las respuesta de los estudiantes a través de la formulación de preguntas y el direccionamiento de la explicación. En suma, la explicación es descriptiva, enunciativa, directiva y, en general, se prioriza la trasmisión de la información y no se utilizan referentes de la historia de la ciencia.

D. En relación al diseño de la explicación

Para el diseño de la explicación científica escolar haciendo uso de la historia de la ciencia se estudió con los docentes de la CODEP el libro *La historia química de una vela* (Faraday, 2004) y se diseñó la explicación del fenómeno de la combustión de una vela a partir de la estrategia de formación docente trazada en la investigación.

En general, el libro es una obra extraordinaria, representa un suceso histórico significativo no solo para la divulgación de la ciencia sino para la enseñanza de las ciencias naturales en la época actual. El texto es una invitación permanente hacia la utilización de los objetos cotidianos para el conocimiento de los hechos de la naturaleza, la práctica de la observación como estrategia de aprendizaje y el cuestionamiento como recurso para mantener la motivación.

Cabe resaltar que en el texto se estudian los hechos de manera interdisciplinar, los conceptos de la física, la química y la biología se conjugan en la comprensión de los fenómenos, convirtiendo cada observación en un hecho extraordinario. Por lo tanto, este libro es una obra reveladora del ingenio y la creatividad de su autor, es la impresión escrita de su simplicidad, sencillez y humildad en el conocimiento de la naturaleza, es el reflejo de su espiritualidad en una vida armónica con la naturaleza y los demás seres humanos, es la evidencia de Michael Faraday como maestro de la explicación de la ciencia, destacándose en el arte del dominio de la palabra, la pulcritud en sus presentaciones, la genialidad en sus experimentaciones, la fe en el alumno y en el reconocimiento de la capacidad de educar los sentidos a través del auto-aprendizaje.

Durante el proceso de fundamentación teórica y la selección de los hechos relevantes del caso histórico, se observó que los docentes tienen una concepción más favorable sobre los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar orientada por dos ejes: el primero, relacionado con el estudio del fenómeno de la combustión y, el segundo, relativo a la forma de explicar la ciencia a los jóvenes.

E. En relación a la explicación del fenómeno de la combustión de una vela

En este primer aspecto, los docentes consideran durante el diseño la explicación de fenómenos científicos presentes en la combustión de una vela y que no forman parte de la programación curricular del área, por ejemplo, la incandescencia, los tipos de combustión, la relación entre la respiración y la combustión. En este punto, la lectura del caso histórico permitió profundizar el estudio de los temas relacionados con la combustión, tener una amplitud del conocimiento y orientar la explicación científica escolar con nuevos conceptos que se tornan relevantes e interesantes en la enseñanza de la ciencia. Además, piensan que la explicación debe tener un carácter interdisciplinar, tal como se presentaba en el siglo XIX al considerar que la historia de la ciencia permite un dialogo entre las diferentes áreas.

Antes de la realización de los talleres de formación docente, los profesores orientaban la explicación científica escolar con preguntas centradas en el ¿qué?, en el diseño de la explicación se evidencia la progresión hacia la formulación de preguntas sobre ¿cómo?, ¿por qué? y ¿cuáles? Este hallazgo implica que los docentes de la CODEP reconocen la importancia de avanzar hacia preguntas que permitan potenciar la habilidad explicativa de los estudiantes. Este criterio se mantuvo a lo largo del diseño de la estrategia de formación docente. Por otra parte, el grupo de casos avanzó hacia un juicio más crítico con respecto a la importancia de las preguntas que se formulan en la explicación y el condicionamiento que estas tienen sobre las respuestas de los estudiantes.

Para el diseño las proposiciones explicativas, los docentes utilizaron la historia de la ciencia como fundamento teórico de la explicación y definieron un marco histórico para la explicación a partir de los hechos históricos relevantes seleccionados del caso histórico. Además, se observa que en la formulación de las proposiciones explicativas tienen en cuenta tanto la progresión de las temáticas como la claridad con la cual se deben explicar, por cuanto son las afirmaciones que le permiten al estudiante comprender el fenómeno.

Durante la etapa de formación y diseño, los docentes valoran la sencillez de los experimentos presentados por Faraday (2004) en la explicación del fenómeno de la combustión de una vela, razón por la cual el diseño de la explicación científica escolar se basa en la réplica de los experimentos como una herramienta didáctica que orienta la planeación de la explicación.

F. En relación con la explicación científica escolar a los jóvenes

A partir de la lectura del caso histórico y el taller de formación docente denominado *Aportes de Faraday en la explicación científica escolar*, se destacan los siguientes aspectos en el proceso de la explicación científica escolar:

- A. Toda explicación tiene una intención que se debe comunicar a los estudiantes en un lenguaje sencillo.
- B. Para mantener la atención de los jóvenes durante la explicación, se deben utilizar analogías, ejemplos y la exhibición de experimentos, de esta manera, los estudiantes aprenden a explicar hechos similares al fenómeno explicado.
- C. En la explicación es importante buscar el perfeccionamiento de la observación de los fenómenos naturales, como una forma de ejercitar los sentidos y mejorar el razonamiento explicativo, de ahí que el mejor escenario para el aprendizaje de las ciencias es la contemplación de la naturaleza.
- D. Es valioso realizar explicaciones de manera pausada, consiguiendo que el estudiante se dirija hacia la esencia de los conceptos explicados, los entienda perfectamente y pueda utilizarlos en temas sucesivos.
- E. En las explicaciones, el error permite aprender sobre las limitaciones y deficiencias, no solo de las temáticas que se están abordando sino de las limitaciones que el profesor tiene, por lo tanto, a partir del error es posible corregir, verificar puntos de vista y cualificar el proceso de la explicación científica escolar.
- F. En la explicación se debe propender porque se formulen preguntas interesantes que lleven a pensar a los estudiantes en las causas de los fenómenos. Las preguntas que realizan los estudiantes durante la explicación son una forma de demostrar su interés por el tema. Por lo tanto, se debe perfeccionar el arte de preguntar.
- G. El diseño de los experimentos debe ser atractivo, simple e ilustrativo; las prácticas de laboratorio han de posibilitar el perfeccionamiento de operaciones como la síntesis, el análisis, la argumentación, la inferencia y la explicación. En el diseño de estas prácticas es importante tener en cuenta la evolución histórica de los conceptos con el fin de estructurar los hilos conductores de dicha explicación.
- H. La experimentación tiene una orientación metodológica a partir de la cual se puede articular el lenguaje verbal de la explicación científica con la observación de la experimentación, estableciendo un diálogo entre los hechos estudiados en el fenómeno natural y la experimentación dentro de la idea de la unidad de la naturaleza.

- I. Los docentes en la explicación se caracterizan por la capacidad de mantener la atención de los estudiantes y de orientar su aprendizaje. La explicación implica el dominio del tema, expresar con armonía sus pensamientos e ideas, ser cuidadoso en su actuar logrando el respeto de los estudiantes. Por lo tanto, el profesor debe confiar en la capacidad de los estudiantes y en la responsabilidad del autoaprendizaje. Así, la explicación es el arte del dominio de la palabra.

En este sentido, son múltiples los aportes que el caso histórico puede hacer en la explicación científica escolar. En síntesis, una vela, un objeto simple puede seguir iluminando e ilustrando la enseñanza de las ciencias en el contexto escolar.

G. En relación a los aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar

El instrumento diseñado permitió detectar los cambios en las explicaciones dadas por los docentes después del proceso de formación y diseño demostrando la presencia de elementos descritos en la matriz de valoración que durante la primera explicación no estuvieron presentes.

Los aportes de la historia de la ciencia se hacen presentes en los diferentes momentos del diseño y la implementación de la explicación, comprobando que el uso de la historia de la ciencia en explicación científica escolar realiza aportes significativos, los cuales se relacionan con aspectos pedagógicos y didácticos, en función del qué explicar y cómo explicar la ciencia en el aula.

Siguiendo las etapas de la estrategia de formación docente, podemos concluir que los aportes se evidencian en:

- A. *Elementos contextuales.* En esta etapa los aportes de la historia de la ciencia se centran en la formulación de la pregunta de contenido, logrando concluir que el uso de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar permite el diseño de preguntas más interesantes y motivadoras para los estudiantes, a la vez que suscitan el razonamiento explicativo durante todo el proceso de la explicación. Otros aportes fundamentales de la historia de la ciencia se relacionan con la contextualización de las temáticas dentro de la evolución del conocimiento científico y el uso de prácticas cotidianas que motivan la participación de los estudiantes.
- B. *Estructuración de la explicación.* La historia de la ciencia brinda la fundamentación teórica para la estructuración de la explicación definiendo las proposiciones utilizadas en la explicación científica escolar, la progresión temática, la organización de las secuencias explicativas, la definición de los conceptos y las leyes, por lo tanto, se logró una mayor complejidad en el estudio del fenómeno, al mismo tiempo, la comprensión interdisciplinar

del mismo. Durante esta etapa, la historia de la ciencia permitió la revisión crítica de los métodos e instrumentos utilizados por Faraday en la explicación de la combustión de una vela, determinando que experimentos se podían replicar con mayor éxito en la explicación científica escolar. El texto *La historia química de una vela* (Faraday, 2004) permitió conocer los aportes que los hombres de ciencia realizan en la historia de la ciencia y, sobre todo, comprender su valor como seres humanos comprometidos con la evolución de la ciencia y el conocimiento científico. No obstante, frente a todos los aportes descritos, existe la dificultad para la implementación interdisciplinaria de la explicación científica escolar.

- C. *Transferencia*. La historia de la ciencia sugiere la actividad explicativa como un ejercicio de comunicación permanente en busca de la comprensión de la ciencia dentro de la triada pensamiento, acción y lenguaje. Además, la historia de la ciencia propone *buenas historias* que se pueden trabajar en la explicación científica escolar posibilitando el desarrollo de la explicación en otros contextos y la vinculación con otras áreas.
- D. *Reflexión metacognitiva*. En esta etapa, la historia de la ciencia es una fortaleza para la revisión y ajustes en el diseño de la explicación científica escolar, sin embargo, no se evidencian elementos fuertes en la implementación de la explicación. En este sentido, solo es posible resaltar la participación y el trabajo en grupo de los estudiantes durante el desarrollo de la explicación.

H. En relación a la contrastación del perfil inicial y el perfil final de la explicación científica escolar

En la contrastación del perfil inicial y el perfil final de la explicación científica escolar, se hace evidente el uso de la historia de la ciencia en el perfil final de la explicación. Este aspecto sugiere la evolución en la explicación dada por los PCNE con respecto a la presencia de la historia de la ciencia en sus explicaciones, además de promover la explicación científica escolar como un acto ilocucionario.

El cambio en las explicaciones se soporta en los talleres de formación docente, a partir de los cuales se realiza la fundamentación teórica en historia de la ciencia, el estudio del caso histórico, la explicación científica escolar como acto ilocucionario y la estrategia de formación docente. Desde este ejercicio teórico surge el diseño de actividades para la explicación del fenómeno de la combustión de una vela. En este sentido, es importante concluir que los docentes tienen el papel protagónico para liderar y promover cambios en la explicación científica escolar, por lo tanto, la manera como los docentes empleen la historia de la ciencia en sus explicaciones determina aportes en el proceso explicativo que favorecen a los estudiantes.

I. En relación al proceso de transformación de la explicación científica escolar

Durante la investigación los docentes reconocen la importancia de la articulación de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar. No obstante, consideran que existen limitantes para continuar con este proceso en la práctica cotidiana. Por un lado, debido al cumplimiento de las programaciones establecidas en las mallas curriculares que orientan el área y, por otro lado, al tiempo que demanda la planeación e implementación de este tipo de explicaciones. A pesar de que se demostró que la explicación científica escolar diseñada vincula diferentes temáticas, los PCNE continúan dándole importancia al desarrollo de contenidos.

Los docentes consideran que para dar continuidad a este tipo de propuestas es necesario: *a)* contar con la flexibilidad de las mallas curriculares, *b)* programar tiempos para la planificación de clase, *c)* promover espacios de reflexión de la enseñanza de las ciencias, *d)* transversalizar la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias y *e)* diseñar y promover proyectos interdisciplinarios. Además, para la sostenibilidad de este tipo de estrategias es necesaria la formación del docente en ejercicio en el sitio de trabajo, producto de la reflexión sobre la práctica y el contexto. Por tal motivo, se valida la CODEP como herramienta que permiten tomar conciencia de las actividades que se llevan a cabo en el aula y ser críticos frente a su actuar.

En general, la incorporación de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar es un proceso complejo que implica el cambio en las concepciones de los docentes con respecto a la enseñanza de las ciencias y al uso de la historia de la ciencia en la enseñanza. Sin embargo, es posible repensar la explicación y liderar acciones que favorezcan este proceso en el aula escolar.

J. En relación a la metodología utilizada

El diseño de la investigación cualitativa y el estudio de caso permitieron realizar la caracterización de la explicación científica escolar en el aula de clase, garantizando el proceso formativo a los docentes a través del desarrollo de los talleres de formación docente.

La utilización de instrumentos tanto de corte cualitativo como cuantitativo en la caracterización de la formación docente facilitó realizar diferentes análisis de los datos para el logro de un marco de referencia sobre la formación de los docentes tanto en historia de la ciencia como en CDC.

La CODEP se consideró muy útil tanto para la formación como para la reflexión sobre la práctica explicativa, incrementando la participación de los docentes y el logro de aportes consensuados por el grupo.

La matriz de valoración y la estrategia de formación docente son instrumentos valiosos al momento de observar, registrar y seguir las transformaciones en la explicación de los profesores. De igual manera, la red semántica, permitió tener una visión general de los datos obtenidos y manejar mucha información integrándola en los códigos que facilitan el análisis de los datos.

Finalmente, por el diseño de la investigación es posible realizar transferibilidad de los datos teniendo en cuenta características similares al contexto estudiado. En conclusión, la metodología empleada fue coherente con los objetivos planteados en la investigación.

Limitaciones

Los resultados y conclusiones presentados en la investigación solo hacen referencia a los docentes pertenecientes a la CODEP quienes conformaron el grupo de casos, en esa medida, dado el carácter cualitativo del estudio, es posible realizar transferibilidad de los resultados en función de las similitudes del contexto. En este sentido, los resultados hacen referencia a las explicaciones dadas por un grupo de docentes del área de ciencias naturales y educación ambiental, con formación inicial en el área y docentes en ejercicio en los niveles de educación básica.

En el trabajo de campo no fue posible finalizar con la implementación de la estrategia de formación docente diseñada por dos docentes de la CODEP con quienes se llegó hasta la fase del diseño—con uno de ellos se alcanzó a realizar la implementación parcial de dicho diseño—de esta manera, no se pudo obtener la información completa para el análisis de la información.

Los talleres de formación docente se situaron en un contexto específico y con unas temáticas coherentes con el estudio de caso particular. En este sentido, sabemos que la formación de los docentes en ejercicio no se da en estas condiciones, por lo tanto, consideramos que los materiales diseñados se limitan al contexto para el cual se diseñaron. Sin embargo, es posible realizar los ajustes que se consideren pertinentes en función de otros contextos.

Desde el punto de vista del tiempo, la investigación tuvo grandes limitaciones, las cuales se hicieron latentes en *a)* la programación de los talleres de formación docente, *b)* el tiempo dedicado a las sesiones de clase, *c)* la finalización de la orden de prestación de servicios de un docente—la cual impidió la etapa de implementación del diseño de clase—y *d)* las actividades institucionales programadas que interrumpieron de manera constante la implementación de la explicación de otro docente, ocasionando su retiro en esta etapa de la investigación, presentado la justificación de que no podía atrasarse más en sus clases cotidianas. No es extraño pues que en la cotidianidad de las instituciones se originen muchas situaciones que puedan limitar el desarrollo de la investigación, empero, este tipo de situaciones permiten que los resultados de la investigación reflejen la cotidianidad de los docentes.

Para finalizar, es importante señalar que analizar las explicaciones de los docentes es un proceso complejo que se relaciona directamente con el discurso que se da en el aula. No obstante, es un campo de investigación enriquecedor no solo para la investigación en didáctica de las ciencias, sino a nivel personal.

Proyecciones

De acuerdo con el análisis presentado y las conclusiones señaladas que destacan aspectos importantes para el ejercicio de la explicación científica escolar, se reflejan muchos caminos abiertos que determina líneas de trabajo en el campo de la investigación en didáctica de ciencias en general y del proceso explicativo en particular. A continuación, se proponen algunos puntos a partir de los cuales se podrían realizar estudios investigativos.

- A. La investigación se orienta por dos conceptos fundamentales la historia de la ciencia y la explicación científica escolar, a lo largo de la tesis se hicieron evidentes los aportes que estas dos áreas brindan en la enseñanza de las ciencias. En este sentido, el estudio de las obras de los hombres de ciencia como Michael Faraday pueden contribuir de manera significativa en la formación de los docentes y en la comprensión de la enseñanza de la ciencia.
- B. La teoría de Peter Achinstein (1989) al considerar la explicación científica como acto ilocucionario es una perspectiva de investigación que puede aportar referentes teóricos para la explicación en el campo educativo.
- C. Es importante señalar la necesidad de profundizar en la investigación sobre la comprensión que tienen los estudiantes de las explicaciones dadas por los docentes, así como evaluar la calidad de las explicaciones de los profesores en términos de la comprensión de los estudiantes.
- D. Un tema relevante para investigaciones futuras en el campo de la didáctica de las ciencias puede ser el estudio de los lineamientos curriculares para la enseñanza de las ciencias naturales, en especial, las mallas de aprendizaje y los Derechos básicos de aprendizaje en ciencias naturales (Ministerio de Educación Nacional, 2016) a la luz de la historia de la ciencia y los posibles ajustes que se puedan realizar con el fin de propiciar un ambiente de enseñanza de las ciencias más dinámico.

- E. La formación del docente en ejercicio merece especial atención, por cuanto son los docentes que se encuentran laborando en las instituciones quienes pueden liderar cambios significativos no solo en la explicación científica escolar sino en la enseñanza de las ciencias, en este sentido, es necesario plantear propuestas de formación de docentes que vinculen la práctica cotidiana de los docentes con el impacto en el aula escolar.

- F. Tanto la estrategia de formación docente, como la matriz de valoración pueden servir de guía para el diseño de herramientas que permitan continuar explorando las concepciones de los docentes con respecto a la explicación, sin embargo, es posible continuar con el diseño y validación de herramientas que permitan evidenciar las prácticas de aula de los docentes.

- G. En general, la historia de la ciencia es una metaciencia que permite profundizar y visibilizar la relación entre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, además de innovar la práctica explicativa de los docentes, por lo tanto, es viable continuar profundizado en esta línea de investigación.

Referencias Bibliográficas

- Abd- El- Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok- Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. <https://doi.org/10.1002/sci.10118>
- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310206>
- Achinstein, P. (1983). Concepts of evidence. In P. Achinstein (Ed.), *The concept of evidence* (pp. 2-32). New York: Oxford University Press. <http://dx.doi.org/10.1007/s11016-014-9902-y>
- Achinstein, P. (1989). *La naturaleza de la explicación*. (L. García, Trad.). México: Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1983).
- Acuña, S. R., García, H., & Sánchez, E. (2011). Fostering active processing of instructional explanations of learners with high and low prior knowledge. *European Journal of Psychology of Education*, 26(4), 435-452. <http://dx.doi.org/10.1007/s10212-010-0049-y>
- Adúriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, España.
- Adúriz-Bravo, A. (2002). Un modelo para introducir la naturaleza de la ciencia en la formación de los profesores de ciencias. *Pensamiento Educativo*, 30(1), 315-330. <http://dx.doi.org/10.17227/01212494.21pys9.19>
- Adúriz-Bravo, A. (2008). ¿Existirá el “método científico”? En L. Galagovsky (Coord.), *¿Qué tienen de “naturales” las ciencias naturales?* (pp. 47-59). Buenos Aires: Biblos.
- Adúriz-Bravo, A., Izquierdo-Aymerich, M., y Estany, A. (2002). Una Propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación.

Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 20(3), 465-476.

Aguiar, G. Jr. (2016). Explanation, argumentation and dialogic interactions in science classrooms. *Cultural Studies of Science Education*, 11(4), 869-878. <http://dx.doi.org/10.1007/s11422-015-9694-4>

Akaygun, S., & Jones, L. L. (2013). Words or Pictures: A comparison of written and pictorial explanations of physical and chemical equilibria. *International Journal of Science Education*, 1-25. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2013.828361>

Álvarez, M. (2014). Algunas orientaciones para la formación docente en historia de las ciencias. En Quintanilla M, Daza S. y Cabrera H. (Eds.), *Historia y filosofía de la ciencia: Aportes para una "nueva aula de ciencias", promotora de ciudadanía y valores* (pp. 52-65). Santiago de Chile: Bellaterra Ltda.

Amador, R. Y, Gallego, R., y Pérez, R. (2005). *Del flogisto a la oxidación: la construcción de modelos explicativos en la formación inicial de profesores de química*. Memorias del V Encuentro Nacional de Pesquisa em Educaçao em Ciências. Abrapec. Bauru–Brasil.

Amórtegui, E., Correa, M., y Valbuena, E. (2010). Aporte de las prácticas de campo a la construcción del conocimiento profesional de futuros profesores de biología. *Proceedings of II Congrès Internacional de Didactiques*. Girona. <http://dx.doi.org/10.17227/01203916.185>

Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, 70(5), 549–563. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730700508>

Angulo, F. (2002). *Aprender a enseñar ciencias: Análisis de una propuesta para la formación inicial del profesorado de secundaria, basada en la metacognición* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Arcà, M., Guidoni, P., y Mazzoli, P. (1990). *Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós Ibérica.

Ariza, L. G., y Parga, D. L. (2011). Conocimiento didáctico del contenido curricular para la enseñanza de la combustión. *Educación química*, 22(1), 45-50. [http://dx.doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30113-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30113-7)

Austin, J. L. (1971). *Cómo hacer cosas con palabras: Palabras y acciones*. (E. Rabossi, Trad.). Buenos Aires: Paidós. (Obra original publicada en 1955).

Avalos, B. (2011). Teacher professional development in teaching and teacher education over ten years. *Teaching and Teacher Education*, (27), 10-20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.007>

- Aydeniz, M., & Özdilek, Z. (2015). Assessing pre-service science teachers' understanding of scientific argumentation: What do they know about argumentation after four years of college science? *Science Education International*, 26(2), 217–239. <http://doi.org/10.1007/s10763-015-9649-y>
- Azcona, R. (1997). *Análisis crítico de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de “cantidad de sustancia” y de mol. Una alternativa didáctica basada en el aprendizaje por investigación* (Tesis doctoral). Universidad del País Vasco, España.
- Bachelard, G. (1972). *El compromiso racionalista*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Baldinato, J. O. (2009). A química segundo Michael Faraday: Um caso de Divulgação Científica no século XIX (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, Brasil.
- Bardin, L. (2002). *Análisis de contenido*. (Trad. C. Suárez). Madrid: Akal. (Obra original publicada en 1977).
- Barreto, J. C., Dubetz, T. A., Schmidt, D. L., Isern, S., Beatty, T., Brown, D. W., Gillman, E., Alberte, R. S., & Egiebor, N. O. (2007). Combustion and energy transfer experiments: A laboratory model for linking core concepts across the science curriculum. *Journal of College Science Teaching*, 36(4) 50-53.
- Beaugrande, R. A., y Dressler, W. U. (1997). *Introducción a la lingüística del texto*. (S. Bonilla, Trad.). Barcelona: Ariel. (Obra original publicada en 1972).
- Belloni, L. (1970). The repetition of experiments and observations: Its value in studying the history of medicine (and science). *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 25(2), 158-167. <http://dx.doi.org/10.1093/jhmas/xxv.2.158>
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2012). For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. *Science Education*, 96(5), 808–813. <https://doi.org/10.1002/sce.21000>
- Beyer, C. J., & Davis, E. A. (2008). Fostering second graders' scientific explanations: A beginning elementary teacher's knowledge, beliefs, and practice. *Journal of the Learning Sciences*, 17(3), 381-414. <http://dx.doi.org/10.1080/10508400802222917>
- Borsese, A. (1997). El lenguaje de la química y la enseñanza de las ciencias. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (12), 33-41. ISSN: 11339837
- BouJaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689–704. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660280806>
- Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education* 95(4), 639-669. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20449>

- Brown, T. M., & Brown, P. L. (2010). Enhancing elementary students' experiences learning about circuits using an exploration-explanation instructional sequence. *Science Activities*, 47(2), 54-57. <http://dx.doi.org/10.1080/00368120903383166>
- Bustamante, Á. (2006). Educación, compromiso social y formación docente. *Revista Iberoamericana de Educación*, 37(4). <http://www.rieoei.org/opinion16.htm>
- Caamaño, R. (2001). Repensar el curriculum de química en los inicios del siglo XXI. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales* (29), 43-52. ISSN: 1133-9837
- Caamaño, A. (2010). Argumentar en ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (63), 5-10. ISSN: 1133-9837
- Cabello, V. M. (2013). *Developing skills to explain scientific concepts during initial teacher education the role of peer assessment* (PhD thesis). University of Dundee, Scotland.
- Cabrera, H. G. (2012). Análisis descriptivo sobre el concepto combustión en libros de texto universitarios. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3), 311-328. http://dx.doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i3.01
- Cabrera, H. G. (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 doctoral). Universidad del Valle, Colombia.
- Cabrera, H. G., y Quintanilla, M. (2014). Un análisis de la estructura de dos experimentos asociados a la combustión: Algunas implicaciones para la formación inicial docente. In M. Quintanilla, S. Daza, y H. G. Cabrera (Eds.), *Historia y filosofía de la ciencia: Aportes para una "nueva aula de ciencias", promotora de ciudadanía y valores* (pp. 202-216). Bogotá, Colombia: Belaterra.
- Calafell, G., y Bonil, J. (2007). El diálogo disciplinar como herramienta para diseñar islotes de racionalidad. *Encuentros multidisciplinares*, 9(25), 58-65.
- Camacho-González, J. P. (2010). *Concepciones del profesorado y promoción de la explicación científica en la actividad química escolar: Aportes de un modelo de intervención desde la historia de la ciencia para la enseñanza de la electroquímica* (Tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Camacho-González, J. P., y Gallego, R. (2005). Ley periódica: Una reflexión didáctica desde la historia de las ciencias. En R. Nardi y O. Borges (Orgs.) *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), São Paulo, Brasil.
- Camacho-González, J. P., y Quintanilla, M. R. (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: Retos y desafíos para promover competencias cognitivas

- lingüísticas en la química escolar. *Ciência & Educação*, 14(2), 197-212. <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132008000200002>
- Candela, M. A. (1991). Argumentación y conocimiento científico escolar. *Infancia y aprendizaje*, 14(55), 13-28. <http://dx.doi.org/10.1080/02103702.1991.10822302>
- Candela, A. (1993). La construcción discursiva de la ciencia en el aula. *Investigación en la Escuela*, (21), 31-38. <http://hdl.handle.net/11441/59558>
- Candela, M. A. (1999). *Ciencia en el aula: Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós.
- Cardellini, L., (2012). Chemistry: Why the Subject is Difficult? *Educación Química*, 23(E2), 305-310. [http://dx.doi.org/10.1016/s0187-893x\(17\)30158-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0187-893x(17)30158-1)
- Casalmiglia, H. y Tusón, A. (2001). *Las cosas del decir: Manual del discurso*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Castro, E. A. (1992). El empleo de modelos en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 10(1), 73-79.
- Cerreta, P. (2012). La candela di Faraday, un bell' esempio di diffusione della cultura scientifica. *Giornale di Fisica*, LIII(1), 1-35. <http://www.sif.it/riviste/gdf/econtents/2012/053/01/article/0>
- Chamizo, J. A. (2001). El curriculum oculto en la enseñanza de la química. *Educación Química*, 12(4), 194-198. Disponible en http://www.joseantoniochamizo.com/pdf/educacion/articulos/010_Curriculo_oculto_ensenanza_quimica.pdf
- Chamizo, J. A. (2014). Sobre la historia de las ciencias en América Latina... ¡y su enseñanza! En Quintanilla M, Daza S. y Cabrera H. (Eds.), *Historia y filosofía de la ciencia: Aportes para una "nueva aula de ciencias", promotora de ciudadanía y valores* (pp. 77-100). Santiago de Chile: Bellaterra Ltda.
- Chang, N. (2012). The role of drawing in young children's construction of science concepts. *Early Childhood Education Journal*, (40), 187-193. <http://dx.doi.org/10.1007/s10643-012-0511-3>
- Chevallard, Y. (1991). La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado. (C. Gilman, Trad.). Montevideo: Aique. (Obra original publicada en 1980).
- Chin-Parker, S., & Cantelon, J. (2016). Contrastive constraints guide explanation-based category learning. *Cognitive Science*, (41), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1111/cogs.12405>

- Chrobak, R., y Leiva, M. (2006). Mapas conceptuales y modelos didácticos de profesores de química. En J. Novak (Presidencia), *Segundo Congreso Internacional sobre Mapas Conceptuales*. Universidad de Costa Rica: San José, Costa Rica.
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61-71. Disponible en <http://www.ceppia.com.co/Documentos-tematicos/INVESTIGACION-SOCIAL/CATEGORIZACION-TRIANGUALCION.pdf>
- Cochran, K. F., King, R. A., & DeRuiter, J. A. (1991). *Pedagogical content knowledge: A tentative model for teacher preparation*. East Lansing, MI: National Center for Research on Teacher Learning. (ERIC Document Reproduction Service No. ED340683)
- Concari, S. B. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: Implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação*, 7(1), 85-94. <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132001000100006>
- Copello-Levy, M. I. y Sanmartí, N. (2001). Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 269-283. Disponible en <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v19n2/02124521v19n2p269.pdf>
- Corchuelo, M., y Barrios, A. (2013). Tensión disciplinar pedagogía-ciencias naturales en la formación de licenciados desde la investigación acción participativa en educación. *Revista Virtual EDUCyT* (3), 59-77. ISSN: 2215-8227
- Cortés, A. L. y De la Gándara, M. (2006). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación de profesorado: Una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), pp. 435-450. ISSN: 0212-4521
- Cuéllar, L. (2010). *La historia de la química en la reflexión sobre la práctica profesional docente: Un estudio de caso desde la enseñanza de la Ley Periódica* (Tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Cuéllar, L., Gallego, R., y Pérez, R. (2008). El modelo atómico de E. Rutherford: Del saber científico al conocimiento escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1), 43-52. <http://dx.doi.org/10.17227/ted.num14-5572>
- Cushman, K. (2013). Minds on Fire. *Educational Leadership*, 71(4), 38-43.
- Dagher, Z., & Cossman, G. (1992). Verbal explanations given by science teachers: Their nature and implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(36) 1-374. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660290405>
- Dascal, M. (1995). Epistemología, controversias y pragmática. *Isegoría Revista de Filosofía Moral y Política*, (12), 8-43. <http://dx.doi.org/10.3989/isegoria.1995.i12.239>

- De Jong, O., Ahtee, M., Goodwin, A., Hatzinikita, V., & Koulaidis, V. (1999). An international study of prospective teachers' initial teaching conceptions and concerns: The case of teaching "combustion". *European Journal of Teacher Education*, (22), 45-59. <http://dx.doi.org/10.1080/0261976990220104>
- De Manuel, E., Jiménez, M. R., y Salinas, F. (1999). Conceptos relacionados con los ácidos y las bases al nivel macroscópico: evolución histórica e ideas de los alumnos. En C. Martínez y S. García, S. (Coords.), *La didáctica de las ciencias: Tendencias actuales* (pp. 359-368). La Coruña: Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Coruña.
- De Pereira, A. P., Lima, P., & Rodrigues, R. F. (2016). Explaining as mediated action an analysis of pre-service teachers' account of forces of inertia in non-inertial frames of reference. *Science & Education*, 25(3-4), 343-362. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-016-9806-x>
- De Santa Ana, E., Cárdenas, A., y Martínez, F. (s. f.). La cantidad de sustancia y el equivalente químico una aproximación histórica y didáctica. Implicaciones para la enseñanza de la química de bachillerato. Disponible en <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/lentiscal/ficheros/pdf/ComunicaEl%20molC.pdf>
- Deutsch, D. [TED]. (2009, octubre, 26). *A new way to explain explanation*. [Archivo de video]. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=foITvNDL08A>
- Díaz, N., y Jiménez-Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: Temáticas e importancia para la educación científica. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 9(1), 54-70. <http://hdl.handle.net/10498/14624>
- Furió, C., y Domínguez, M. C. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 241-258. ISSN: 0212-4521
- Furió, C., Solbes, J., y Furió, C. (2007). La historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 461-475. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i3.05
- Donnelly, J. F., & Welford, A. G. (1988). Children's performance in chemistry. *Education in Chemistry*, (25), 7-10.
- Driver, R. (1989). Changing conceptions. In P. Adey, J. Bliss, J. Head, & M. Shayer (Eds.), *Adolescent Development and School Science* (pp. 79-99). Londres: Falmer Press.
- Duschl, R. A. (1998). La valoración de argumentaciones y explicaciones: Promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 16(1), 3-20. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/%EE%80%80ensenanza%EE%80%81/article/viewFile/83199/108182>

- Eder, M. L. (2005). La explicación en la enseñanza y en las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, (Número Extra, VII Congreso Internacional), 1-5. Disponible en https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp274expens.pdf
- Eder, M. L., y Adúriz-Bravo, A. (2001). Aproximación epistemológica a las relaciones entre la didáctica de las ciencias naturales y la didáctica general. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 9, 2-16. <http://dx.doi.org/10.17227/ted.num9-5618>
- Eder, M. L., y Adúriz-Bravo, A. (2008). La explicación en las ciencias naturales y en su enseñanza: Aproximaciones epistemológica y didáctica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4(2), 101-133. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134112597007>
- Edington, J. R. (1997). *What constitutes a scientific explanation?* Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research on Science Teaching, Oak Brook, IL.
- Faraday, M. (2004). La historia química de una vela. (G. Rojas y J. Fernández, Trads.). Madrid: Nivola. (Obra original publicada en 1861).
- Fernández, J., Elortegui, N., Rodríguez, J. F., y Moreno, T. (1997). ¿Qué idea se tiene de la ciencia desde los modelos didácticos? *Revista Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (12), 87-99. Disponible en http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/linea_investigacion/HF_Ciencia_IHF/IHF_115.pdf
- Feyerabend, P. K. (1981). *Contra el método: Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. (F. Hernán, Trad.). Barcelona: Ariel. (Obra original publicada en 1975).
- Fleury, E. (2006). *Lenguaje y formación de conceptos en la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Antonio Machado Libros.
- Fleury, E., & Campos, L. (1995). Transformações: Concepções dos estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, 2, 23-26. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/aluno.pdf>
- Flick, U. (2012). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata S.L.
- Flores, I. (Ed.) (2004). *¿Cómo estamos formando a los maestros en América Latina?* Perú: PROEDUCA-GTZ.
- Fourez, G. (1994). Introducción. En *La construcción del conocimiento científico: Sociología y ética de la ciencia* (pp. 13- 24). Madrid: Narcea.
- Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.

- Fourez, G., Englebert-Lecompte, V., y Mathy, P. (1998). *Saber sobre nuestros saberes*. Buenos Aires: Ediciones Colihue SRL.
- Franco, A. (2004). El discurso periodístico a través de la lingüística textual. *Opción*, (43), 77-100. ISSN 1012-1587
- Frändberg, B., Lincoln, P., & Wallin, A. (2013). Linguistic resources used in Grade 8 students' submicro level explanations-Science items from TIMSS 2007. *Research in Science Education*, 43(6), 2387-2406. <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-013-9363-0>
- Furman, M. (2008). Ciencias naturales en la escuela primaria: Colocando las piedras fundamentales del pensamiento científico. En E. Martínez (Presidencia), *IV Foro Latinoamericano de Educación Aprender y Enseñar Ciencias: Desafíos, Estrategias y Oportunidades*. Fundación Santillana: Buenos Aires.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 6(3), 291-296. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51106/92975>
- Galagovsky, L. R., y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias* (19), 231-242. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21735/21569%3E.%20Acesso>
- Galagovsky, L. R., Bonán, L. y Adúriz-Bravo, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 315-321. Disponible en <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v16n2/02124521v16n2p315.pdf>
- Galagovsky, L. R., Rodríguez, M. A., Sanmartí, N., y Morales, L. F. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales: Un ejemplo para el aprendizaje de concepto de "reacción química" a partir del concepto de "mezcla". *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107-121. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/%EE%80%80Ensenanza%EE%80%81/article/viewFile/21898/21731>
- Gallego, R., Pérez, R., Gallego, T. de, y Nery, L. (2004a). Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia: un estudio a partir de programas acreditados. *Ciência & Educação (Bauru)*, 10(2), 219-234. <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132004000200006>
- Gallego, R., Pérez, R., Uribe, M., Cuéllar, L., y Amador, R. (2004b). El concepto de valencia: su construcción histórica y epistemológica y la importancia de su inclusión en la enseñanza. *Ciência & Educação*, 10(3), 571-583. <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132004000300018>

- Gallego, A. P., y Gallego, R. (2007). Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. *Ciência & Educação*, 13(1), 85-98. <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132007000100006>
- Gallie, W. B. (1968). *Philosophy and the historical understanding*. Londres: Chatto and Windus.
- García, A., y Bertomeu, J. R. (1998). Lenguaje, ciencia e historia: una introducción histórica a la terminología química. *Alambique*, (17), 20-37.
- García, J. L. (2003). *Métodos de investigación en educación. Volumen II Investigación cualitativa y evaluativa*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- García, P., y Angulo, F. (2003). Un modelo didáctico para la formación inicial del profesorado de ciencias. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17(1), 37-49. ISSN: 0213-8646
- García-Martínez, Á. (2009). *Aportes de la historia de la ciencia al desarrollo profesional de los profesores de química* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- García-Martínez, A., y Izquierdo-Aymerich, M. (2014). Contribución de la Historia de las Ciencias al desarrollo profesional de docentes universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 265-281. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.758>
- Garrido, A. (2016). *Modelització i models en la formació inicial de mestres de primària des de la perspectiva de la pràctica científica* (Tesi Doctorat). Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, España.
- Geddis, A. N. y Wood, E. (1997). Transforming subject matter and managing dilemmas: A case study in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 13, 611-626. [http://dx.doi.org/10.1016/s0742-051x\(97\)80004-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0742-051x(97)80004-2)
- Geelan, D. (2013). Teacher explanation of physics concepts: A video study. *Research in Science Education*, 43(5), 1751-1762. <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-012-9336-8>
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 3-17). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., y Martínez, J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona: Horsori.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (Eds.) (2009). *Multiple Representations in Chemical Education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8>

- Gimenez, X. (2016, Setembre). [Entrevista] L'aula inversa: una forma activa d'aprenentatge tutelat]. *Metodologies actives i TIC per a la millora docent i de l'aprenentatge*, 1-6. Disponible en <http://hdl.handle.net/2445/103668>
- Glaser, B. & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. New York: Aldine Publishing Company.
- Gómez, M. Á., Pozo, J. L., y Gutiérrez, M. S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: El diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, 15(3), 198-209. <http://hdl.handle.net/10486/665402>
- Gómez, M. Á., Sanz, Á., Pozo, J. I., y Limón, M. (1991). Conocimientos previos y aprendizaje escolar. *Cuadernos de Pedagogía*, (188), 12-14. ISSN: 0210-0630
- Gómez, D. R., y Roquet, J. V. (2012). *Metodología de la investigación*. México: Red Tercer Milenio.
- González, J. (2000). El paradigma interpretativo en la investigación social y educativa: Nuevas respuestas para viejos interrogantes. *Revista de Ciencias de la Educación*, (15), 227-246. <http://hdl.handle.net/11441/12862>
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Grossman, P. L., Wineburg, S., & Woolworth, S. (2001). Toward a theory of teacher community. *The Teachers College Record*, 103(6), 942-1012. <http://www.tcrecord.org/Content.asp?ContentID=10833>
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1981). *Effective evaluation: Improving the usefulness of evaluation results through responsive and naturalistic approaches*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Guridi, V., y Arriasecq, I. (2004). Historia y filosofía de las ciencias en la educación polimodal: Propuesta para su incorporación al aula. *Ciência & Educação, Bauru*, 10(3), 307-316. <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132004000300001>
- Habermas, J. (1987). *Teoría de la acción comunicativa, Vol. 2 Crítica de la razón funcionalista*. (M. Jiménez, Trad.). Madrid: Taurus. (Obra original publicada en 1981).
- Hammack, B. [engineerguy]. (2016, junio, 28). *Michael Faraday's The Chemical History of a Candle*. [Archivo de video]. Disponible en https://www.youtube.com/watch?v=RrHnLXMTOWM&list=PL0INsTTU1k2UCpOfRuMDR-wlvWkLan1_r
- Hempel, C. G. (1979). *La explicación de la científica: Estudios sobre la filosofía de la ciencia*. Buenos Aires: Paidós.

- Henao, B. I., y Stipcich, M. S. (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 (REEC)*, 7(1), 47-63. Disponible en http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART3_Vol7_N1.pdf
- Hooykaas, R. (1970). Historiography of science, its aims and methods. *Organon*, (7), 37-49.
- Ibarra, O. A. (2010). Sabir pedagógico y saber disciplinar ¿convergencia o divergencia? *Paideia Surcolombiana*, 15, 100-108. <http://dx.doi.org/10.25054/01240307.1094>
- Insausti, M. J. (1997). Análisis de los trabajos prácticos de química general en un primer curso de universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), pp. 123-130.
- Imbernón, F. (Coord.), Alonso, M. J., Arandia, M., Cases, I., Cordero, G., Fernández, I., Revenga, A., y Ruiz de Gauna, P. (2007). *La investigación educativa como herramienta de formación del profesorado reflexión y experiencias de investigación educativa*. Barcelona: Graó.
- Izquierdo-Aymerich, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Revista Alambique*, (8), 7-21. ISSN: 1133-9837
- Izquierdo-Aymerich, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En F. J. Perales y P. Cañal (Coords.), *Didáctica de las ciencias experimentales: Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 35-64). Alcoy: Marfil.
- Izquierdo-Aymerich, M., García-Martínez, Á., Quintanilla, M. R., y Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Izquierdo-Aymerich, M., Vallverdú, J., Quintanilla, M. R., y Merino, C. (2006). Relación entre la historia y la filosofía de las ciencias II. *Alambique*, (48), 78-91. ISSN: 1133-9837
- Izquierdo-Aymerich, M., & Sanmartí, N. (1990). Contribució de la història de les ciències a la formació del professorat i a la recerca en didàctica de les ciències. En R. Codina y R. Llobera (Eds.), *Història, Ciència i Ensenyament* (pp. 279-290). Barcelona: E.U. del Professorat d'E.G.B.
- Izquierdo-Aymerich, M., y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a leer y escribir textos de ciencias de la naturaleza. En J. Jorba, I Gómez, A. Prat (Eds.), *Hablar y escribir para aprender* (pp. 181-200). Madrid: Síntesis.
- Izquierdo, M., Quintanilla, M., Vallverdú, J., y Merino, C. (2014). Una nueva reflexión sobre la historia y la filosofía de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. En M. Quintanilla, S. Daza, y H. Cabrera (Comp.), *Historia y filosofía de la ciencia: Aportes para una 'nueva*

- aula de ciencias*, promotora de ciudadanía y valores. (pp. 30-51). Santiago, Chile: Bellaterra.
- Jara, R. A. (2012). *Modelos didácticos de profesores de química en formación inicial: Un modelo de intervención docente para la enseñanza del enlace químico y la promoción de competencias de pensamiento científico a través de narrativas* (Tesis doctoral). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., y Díaz, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: Cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, (21), 359-370. ISSN: 0212-4521
- Jorba, J., Gómez, I., y Prat, Á. (Eds.) (2000). *Hablar y escribir para aprender: uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Madrid: Síntesis/ICE de la UAB.
- Jorba, J., y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua: Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Madrid: CIDE-MEC.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2000). History and philosophy of science through models: Some challenges in the case of 'the atom'. *International Journal of Science Education*, 22(9), 993-1009. <http://dx.doi.org/10.1080/095006900416875>
- Karam, R., & Krey, O. (2015, February). Quod erat demonstrandum: Understanding and explaining equations in physics teacher education. *Science & Education*, 24(5-6), 661-698. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-015-9743-0>
- Keeley, P. (2015). Constructing Cl-Ev-R explanations to formative assessment probes. *Science & Children*, 53(3), 26-28. http://dx.doi.org/10.2505/4/sc15_053_03_26
- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias: Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Santillana-Facultad de Química, UNAM.
- Kind, V. (2013). A degree is not enough: A quantitative study of aspects of pre-service science teachers' chemistry content knowledge. *International Journal of Science Education* 36(8): 1313-1345. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2013.860497>
- Kind, V., & Kind, P. M. (2011). Beginning to teach chemistry: How personal and academic characteristics of pre-service science teachers compare with their understandings of basic chemical ideas. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2123–2158. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2010.542498>
- Koul, A. (2017). Straight from the professional development classroom: A practical experience [online]. *Teaching Science*, 63(1), 49-57. ISSN: 1449-6313

- Kragh, H. (2007). *Introducción a la historia de la ciencia, Drakontos: Crítica*. España: Editorial Crítica.
- Lachner, A., & Nückles, M. (2015). Tell Me Why! Content Knowledge Predicts Process-Orientation of Math Researchers' and Math Teachers' Explanations. *Instructional Science: An International Journal of the Learning Sciences*, 44(3), 221-242. <http://dx.doi.org/10.1007/s11251-015-9365-6>
- Lavoisier, A. L. (2009). *Tratado elemental de química*. Valladolid: Maxtor.
- Leinhardt, G. (1988). Expertise in instructional lessons: An example from fractions. In D. A. Cooney, & D. Jones (Eds.), *Research agenda for mathematics education: Effective mathematics teaching* (pp. 47-66). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates and Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Leite, L., Mendoza, J. V., & Borsese, A. (2007). Teachers' and prospective teachers' explanations of liquid-state phenomena: A comparative study involving three European countries. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 349-374. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20122>
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Libran, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2015). *Anàlisi de l'explicació atòmica de la química escolar mitjançant una proposta didàctica basada en la Història de la Ciència*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Lipton, P. (2001). What good is an explanation? In G. Hon. & S. S. Rakover (Eds.), *Explanation: Theoretical approaches and applications* (pp. 43-59). Dordrecht: Springer. Netherlands.
- Llorens, J. A., De Jaime, M. C., y Llopis, R. (1989). La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* (7), 111-119. ISSN: 0212-4521
- Lombardi, Á. (2000). La enseñanza de la historia: Consideraciones generales. *Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales*, (5), 9-23. ISSN: 1316-9505
- López, Á., y Gallardo, B. (Eds.) (2005). *Conocimiento y lenguaje*. Valencia: Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Losada, A., y Moreno, H. (2003). *Competencias básicas aplicadas al aula*. Bogotá: Ediciones Servicio Educativo del Magisterio SEM.
- Lozano, E. (2010). La interpretación de los actos de habla. *Mutatis Mutandi*, 3(2), 333-348. ISSN: 2011799X

- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Manassero, M. A. y Vázquez, A. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, (37), 187-208.
- Marchán-Carvajal, I., y Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: Aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26(4), 267-274.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.06.001>
- Martínez, A., y Musitu, G. (Eds.) (1995). *El estudio de casos: Para profesionales de la acción social*. Madrid: Narcea.
- Martínez, P. C. (2006). El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y Gestión*, (20), 165-193. ISSN: 1657-6276
- Marzábal, A. (2011). Algunas orientaciones para enseñar ciencias naturales en el marco del nuevo enfoque curricular. *Horizontes Educativos*, 16(2), 57-71. ISSN: 0717-2141
- Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Historia y epistemología de las ciencias*, 12(2), 255-277.
- McCain, K. (2015). Explanation and the nature of scientific knowledge. *Science & Education*, (24), 827-854. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-33405-9_10
- Méheut, M. (2004). Designing and validating two teaching-learning sequences about particle models. *International Journal of Science Education*, 26(5), 605-618.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690310001614726>
- Méheut, M., Saltiel, E., & Tiberghien, A. (1985). 'Pupils' (11-12-year-olds) conceptions of combustion. *European journal of Science Education* 7(1), 83-93.
<http://dx.doi.org/10.1080/0140528850070109>
- Mellado, V. M. (1998). The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Education*, 82(2), 197-214.
[http://dx.doi.org/10.1002/\(sici\)1098-237x\(199804\)82:2%3C197::aid-sce5%3E3.0.co;2-9](http://dx.doi.org/10.1002/(sici)1098-237x(199804)82:2%3C197::aid-sce5%3E3.0.co;2-9)
- Mellado, V. M. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, (40), 17-30. ISSN: 0213-8646, ISSN-e: 2530-3791

- Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 343-352. ISSN: 0212-4521, ISSN-e: 2174-6486
- Mestad, I., & Kolsto, S. D. (2017). Characterizing students' attempts to explain observations from practical work: intermediate phases of understanding. *Research in Science Education*, 47(5), 943-964. <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-016-9534-x>
- Ministerio de Educación Nacional. (2013). *Sistema colombiano de formación de educadores y lineamientos de políticas*. Bogotá: MEN.
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Derechos básicos de aprendizaje, Volumen 1: Ciencias naturales*. Bogotá: MEN.
- Mora, W., García, A., y Mosquera, C. (2002). Bases para la construcción de un cuerpo conceptual didáctico del desarrollo histórico-epistemológico de los conceptos estructurantes de la química. *Revista Científica*, (4), 259-286.
- Mora, W., y Parga, D. (2005). De las investigaciones en preconcepciones sobre mol y cantidad de sustancia, hacia el diseño curricular en química. *Educación y Pedagogía*, 17(43), 164-175. <http://dx.doi.org/10.17227/01203916.216>
- Mora, W. M., y Parga, D. L. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: Integración de las tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto-aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 56-81.
- Morales, R. W., y Manrique, F. A. (2012). Formación de profesores de química a partir de la explicación de fenómenos cotidianos: Una propuesta con resultados. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 9(1), 124-142. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i1.09
- Moreland, J., Jones, A., & Cowie, B. (2006). Developing pedagogical content knowledge for the new sciences: The example of biotechnology. *Teaching Education*, 17(2), 143-155. <http://dx.doi.org/10.1080/10476210600680341>
- Moreno, A. (2006). Atomismo versus energetismo: Controversia científica a finales del siglo XIX. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), 411-428. ISSN: 0212-4521, ISSN-e: 2174-6486
- Muñoz, E., Daza, S., y Quintanilla, M. (2014). Presentación de la obra. En Quintanilla M, Daza S. y Cabrera H. (Eds.), *Historia y filosofía de la ciencia: Aportes para una "nueva aula de ciencias", promotora de ciudadanía y valores* (pp. 14-28). Santiago de Chile: Bellaterra Ltda.

- Mulholland, J., & Wallace, J. (2005). Growing the tree of teacher knowledge: ten years of learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 767-790. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20073>
- Okuda, M., y Gómez-Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: Triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(1), 118-124. ISSN: 0034-7450
- Oliveira, D. K. B. S., Justi, R., & Mendonça, P. C. C. (2015). The use of representations and argumentative and explanatory situations. *International Journal of Science Education*, 37(9), 1402-1435. <http://doi.org/10.1080/09500693.2015.1039095>
- Onyanha, K. M., Lee, Y., Choi, J., Draney, K. L., & Anderson, C. W. (April, 2009). *Secondary students' accounts of carbon-transforming processes before and after instruction*. Paper presented at the Annual Conference of the National Association for Research and Science Teaching, Garden Grove California.
- Oñate, J. M., Saavedra, T. A., y Spolmann, M. S. (2011). *Estudio exploratorio acerca de las concepciones del profesorado de ciencias en formación sobre la evaluación de aprendizajes científicos y resolución de problemas científicos escolares*. (Tesis de pregrado). Universidad Central, Santiago, Chile.
- Osborne, J. F., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*. 95(4). 627-638. <http://doi.org/10.1002/sce.20438>
- Padilla, K., & Furio-Mas, C. (2008). The importance of history and philosophy of science in correcting distorted views of 'amount of substance' and 'mole' concepts in chemistry teaching. *Science & Education*, 17(4), 403-424. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-007-9098-2>
- Parnafes, O. (2012). Developing explanations and developing understanding: Students explain the phases of the moon using visual representations. *Cognition and Instruction*, 30(4), 359-403. <http://dx.doi.org/10.1080/07370008.2012.716885>
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative Evaluation and Research Methods*. Londres: Sage.
- Peker, D., & Wallace, C. S. (2011). Characterizing high school students' written explanations in biology laboratories. *Research in Science Education*, 41(2), 169-191. <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-009-9151-z>
- Perales, F. J., y Jiménez, J. D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias: Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21826>
- Pérez, G. (2004). *Investigación cualitativa: Retos e interrogantes. Volumen II Técnicas y análisis de datos*. Madrid: La Muralla.

- Porlán, R. (2003). Principios para la formación del profesorado en secundaria. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, (46), 23-35. ISSN: 0213-8646
- Quílez-Pardo, J., y Sanjosé, V. (1996). El principio de Le Chatelier a través de la historia y su formulación didáctica en la enseñanza del equilibrio químico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 14(3), 381-390. <http://dx.doi.org/10.1174/021037097761403154>
- Quílez-Pardo, J., y Solaz-Portolés, J. J. (1995). Evolución histórica del principio de Le Chatelier. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(2), 123-133. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5166088.pdf>
- Quillian, M. R. (1968). Semantic memory. Em M. Minsky (Ed.), *Semantic information processing* (pp. 27-70). Cambridge, MA: MIT Press.
- Quintanilla, M. (2003). Hablar y construir la "didáctica" hoy: Del modelo ingenuo transmisor, al modelo crítico, productor de conocimiento. *Revista de Estudio y Experiencia en Educación*, (4), 69-82. ISSN: 0717-6945
- Quintanilla, M. (2005). Historia de la ciencia y formación del profesorado: Una necesidad irreductible. En *II Congreso sobre Formación de Profesores en Ciencias* (Número Extra, pp. 34-43). Bogotá, Colombia: Tecné Episteme Didaxis TEΔ. Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología.
- Quintanilla, M. (2006). La ciencia en la escuela: Un saber fascinante para aprender a 'leer el mundo'. *Revista Pensamiento Educativo*, 39(2), 177-204. Disponible en <https://www.pensamientoeducativo.uc.cl/index.php/pel/article/download/391/801>
- Quintanilla, M. (2007). *Identificación, caracterización y promoción de competencias de pensamiento científico en estudiantes de secundaria, mediante el enfrentamiento a la resolución de problemas: Un aporte a la reforma*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2007. (Proyecto Fondecyt 1070795).
- Quintanilla, M., Solsona, N., García-Martínez, Á., y Álvarez, M. (2014). Uso de la historia de la química como dispositivo teórico y praxiológico para promover Competencias de Pensamiento Científico. En M. Quintanilla (Comp.) *Las competencias de pensamiento científico desde las 'emociones, sonidos y voces' del aula* (pp. 53-96). Chile, Bellaterra Ltda.
- Quintanilla, M., y Merino, C. (2008). Elaborar unidades didácticas incorporando la historia de la ciencia. En Merino C., Gómez, A, y Adúriz-Bravo, A. (Coords.), *Áreas y estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 93-103). Bellaterra, España: Servei de Publicacions Universitat Autònoma de Barcelona.

- Rabadán, J. M. y Flor, J. I. (1998). La modificación de la práctica docente. Un estudio longitudinal en el tiempo. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (15), 47-54. ISSN: 1133-9837
- Raviolo, A., Garritz, A., y Sosa, P. (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química: Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), 240-254. http://dx.doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i3.02
- Reiser, B. J., Berland, L. K., & Kenyon, L. (2012, April/May). Engaging students in the scientific practices of explanation and argumentation. *Science and Children* 49(8), 8-13. Disponible en http://nsta hosted.org/pdfs/ngss/resources/201204_Framework-ReiserBerlandKenyon.pdf
- Revel, A., Couló, A., Erduran S., Furman, M., Iglesia, P., y Adúriz-Bravo, A. (2005). Estudios sobre la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, (número extra), 1-5. Disponible en https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp400estens.pdf
- Rey-Herrera, J., y Candela, A. (2013). La construcción discursiva del conocimiento científico en el aula. *Educación y Educadores*, 16(1), 41-65. ISSN-e: 0123-1294
- Richmond, G., Parker, J. M., & Kaldaras, L. (2016). Supporting reform-oriented secondary science teaching through the use of a framework to analyze construction of scientific explanations. *Journal of Science Teacher Education*, (27), 477-493. <http://dx.doi.org/10.1007/s10972-016-9470-7>
- Rincón, G. (1998). *La escuela y el lenguaje escrito*. Cali: Escuela de Ciencias del Lenguaje-Univalle.
- Rocksén, M. (2016). The many roles of “explanation” in science education: a case study. *Cultural Studies of Science Education*, 11(4), 837-868. <http://dx.doi.org/10.1007/s11422-014-9629-5>
- Rodríguez, G., Gil, J., y García, E. (1996). *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Málaga: Aljibe.
- Roelle, J., Berthold, K., & Renkl, A. (2014). Two instructional aids to optimise processing and learning from instructional explanations. *Instructional Science*, (42), 207-228. <http://dx.doi.org/10.1007/s11251-013-9277-2>
- Ross, K. (2013). Fuel and food are not made of energy: A constructive view of respiration and combustion. *School Science Review*, 94(349), 60-69. [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6701\(04\)94712-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6701(04)94712-1)

- Rowell, P., & Ebbers, M. (2004). Constructing explanations of flight: A study of instructional discourse in primary science. *Language and Education*, 18(3), 264-281. <http://dx.doi.org/10.1080/09500780408666879>
- San Martín, D. (2014). Teoría fundamentada y Atlas.ti: Recursos metodológicos para la investigación educativa. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 16(1), 103-122. Recuperado de <http://redie.uabc.mx/vol16no1/contenido-sanmartin.html>.
- Sánchez, E., García-Rodicio, H., & Acuña, S. R. (2009). Are instructional explanations more effective in the context of an impasse? *Instructional Science*, 37(6), 537-563. <http://dx.doi.org/10.1007/s11251-008-9074-5>
- Sandín, M. P. (2003). *Investigación cualitativa en educación: Fundamentos y tradiciones*. Madrid: Mc Graw and Hill Interamericana de España.
- Sanmartí, N. (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. En P. Fernández (Coord.), *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo* (pp. 103-127). Colección Aulas de Verano. Madrid: MEC.
- Sardà, A., y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 405-422. Disponible en <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v18n3/02124521v18n3p405.pdf>
- [SW Clips Latino]. (2016, noviembre, 16). *Star Wars: El regreso del Jedi, Destrucción de la segunda Estrella de la Muerte*. [Archivo de video]. Disponible en https://www.youtube.com/watch?v=Pohk03_oU_k&list=PLjZeU8-HOKbu50ULDiBIFCpejtUQDXIyO&INDEX=52
- Saza, S. F., Arrieta, J. R., Ríos, O., y Quintanilla, M. R. (2012). La promoción de competencias científicas en las primeras edades. *Revista Ingenio UFPSO*, 5(1), 54-63. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/308119290_LA_PROMOCION_DE_COMPETENCIAS_CIENTIFICAS_EN_LAS_PRIMERAS_EDADES
- Scerri, E. (2008). El pasado y el futuro de la tabla periódica: Este fiel símbolo del campo de la química siempre encara el escrutinio y el debate. *Educación química*, 19(3), 234-241. ISSN: 0187-893X
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, (46), 632-654. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20311>
- Seah, L. H. (2016). Understanding the conceptual and language challenges encountered by grade 4 students when writing scientific explanations. *Research in Science Education*, 46(3), 413-437. <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-015-9464-z>

- Searle, J. (1990). *Actos de habla: ensayo de filosofía del lenguaje*. (L. Valdés, Trad.). Madrid: Cátedra. (Obra original publicada en 1969).
- Seker, H., & Welsh, L. C. (2006). The use of history of mechanics in teaching motion and force units. *Science & Education*, 15(1), 55-89. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-005-5987-4>
- Sevian, H., & Gonsalves, L. (2008). Analysing how scientists explain their research: A rubric for measuring the effectiveness of scientific explanations. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1441-1467. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690802267579>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14. Traducción y edición española: El saber y entender de la profesión docente en *Estudios Públicos* (Centro de Estudios Públicos, Chile), 99, 2005, 195-224. ISSN-e: 0716-1115
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. Traducción española: Conocimiento y enseñanza: Fundamentos de la nueva reforma. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2), 2005, 1-30. ISSN-e: 1138-414X
- Solbes, J., y Traver, M. J. (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. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21438>
- Solbes, J., y Traver, M. J. (2001). Resultados obtenidos introduciendo la historia de la ciencia en las clases de física y química: Mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las ciencias*, 19(1), 151-162. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/view/21726>
- Solsona, N., Izquierdo, M., y Gutiérrez, R. (2000). El uso de razonamientos causales en relación con la significatividad de los modelos teóricos. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), 15-23. ISSN: 0212-4521, ISSN-e 2174-6486
- Stake, R. E. (2007). *Investigación con estudio de casos*. (R. Filella, Trad.) Madrid: Morata. (Obra original publicada en 1995).
- Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 21-25. ISSN: 0212-4521
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Tang, K. S. (2016). Constructing scientific explanations through premise—reasoning—outcome (PRO): An exploratory study to scaffold students in structuring written explanations.

International Journal of Science Education, 38(9), 1415-1440.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2016.1192309>

Tardif, M. (2004). Los saberes del docente y su desarrollo profesional. (P. Manzano, Trad.). Madrid Narcea.

Teixeira, E. S., Greca, I. M. & Freire Jr., O. (2012). The history and philosophy of science in physics teaching: A research synthesis of didactic interventions. *Science & Education*, (21), 771-796. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-009-9217-3>

Thagard, P., & Litt, A. (2006). Models of scientific explanation. In R. Sun (Ed.), *The Cambridge handbook of computational cognitive modeling* (pp.1-35). Cambridge: Cambridge University Press.

Thomaz, M. F., Cruz, M. N., Martins, I. P., y Cachapuz, A. F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias* 14(3), 315-322. ISSN: 0212-4521

Tobares, L. (2003). Evolución histórica de la estructura molecular del benceno. En L. Godoy (Ed.), *Problemas del Conocimiento en Ingeniería y Geología. Volumen I Evolución histórica de la estructura molecular del benceno* (pp. 130-147). Córdoba, Argentina: Universitas.

Tobón, S. (2004). *Formación basada en competencias: Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Bogotá: ECOE ediciones.

Torre, A. (2004). *La noción de fuerza ilocutiva en la obra como hacer cosas con palabras de "Austin"*. (Tesis doctoral). Universidad de Barcelona, España.

Treagust, D., & Harrison, A. (1999). The genesis of effective scientific explanations for the classroom. En J. Loughran (Ed.), *Researching teaching: Methodologies and practices for understanding pedagogy*. Londres: Routledge.

Uribe, M., y Cuéllar, L. (2003). Estudio Histórico-epistemológico del modelo atómico de Rutherford. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, (14), 88-97.
<http://dx.doi.org/10.17227/ted.num14-5572>

Vain, P. D. (2012). El enfoque interpretativo en investigación educativa: Algunas consideraciones teórico-metodológicas. *Revista de Educación*, 4(4), 37-45. Disponible en http://fh.mdpu.edu.ar/revistas/index.php/r_educ/article/view/83/146

Valanides, N., Efthymiou, I., & Angeli, A. (2013). Interplay of internal and external representations: Students' drawings and textual explanations about shadow phenomena. *Journal of Visual Literacy*, 32(2) 67-84.
<http://dx.doi.org/10.1080/23796529.2013.11674710>

- Valanides, N., Nicolaidou, A., & Eilks, I. (2003). Twelfth-grade students' understanding of oxidation and combustion: Using Action Research to improve teachers' practical knowledge and teaching practice. *Research in Science & Technological Education*, 21, 159-175. <http://dx.doi.org/10.1080/0263514032000127211>
- van Dijk, T. A. (2001). *Texto y contexto: Semántica y pragmática del discurso*. (J. Domingo, Trad.). Madrid: Ediciones Cátedra S.A. (Obra original publicada en 1977).
- van Dijk, T. A. (2008). Semántica del discurso e ideología. *Discurso & Sociedad*, 2(1), 2008, 201-261. (Obra original publicada en 1995).
- van Manen, M. (2003). *Investigación educativa y experiencia vivida: Ciencia humana para una pedagogía de la acción y de la sensibilidad*. Barcelona: Idea Books. (Obra original publicada en 1990).
- Vásquez, R. F. (2007). Destilar la información: Un ejemplo seguido paso a paso. (Tesis de maestría). Universidad de La Salle La Salle convenio Institución Universitaria CESMAG. Bogotá, Colombia.
- Vera-Noriega, J., Pimentel, C. E., y Batista, F. (2005). Redes semánticas: Aspectos teóricos, técnicos, metodológicos y analíticos. *Ra-Ximhai*, 1(3), 439-451. ISSN: 1665-0441
- Vergara, R. I. (2006). "La novia oscura" o la historia en combustión. *INTI Revista de Literatura Hispánica*, (63-64), 21-38. ISSN 0732-6750
- Vlach, H. A., & Noll, N. (2016). Talking to children about science is harder than we think: Characteristics and metacognitive judgments of explanations provided to children and adults. *Metacognition and Learning*, 1-22. <http://dx.doi.org/10.1007/s11409-016-9153-y>
- Wang, C. Y. (2015). Scaffolding middle school students' construction of scientific explanations: Comparing a cognitive versus a metacognitive evaluation approach. *International Journal of Science Education*, 37(2), 237-271. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2014.979378>
- Watson, J. R., Prieto, T., & Dillon, J. S. (1997). Consistency of Students' Explanations about Combustion. *Research in Science Education*, 81(4), 425-443. [http://dx.doi.org/10.1002/\(sici\)1098-237x\(199707\)81:4%3C425::aid-sce4%3E3.0.co;2-e](http://dx.doi.org/10.1002/(sici)1098-237x(199707)81:4%3C425::aid-sce4%3E3.0.co;2-e)
- Wittwer, J., Nückles, M., Landmann, N., & Renkl, A. (2010). Can tutors be supported in giving effective explanations? *Journal of Educational Psychology*, 102(1), 74-89. <http://dx.doi.org/10.1037/a0016727>
- Wittwer, J., & Renkl, A. (2008). Why instructional explanations often do not work: A framework for understanding the effectiveness of instructional explanations. *Journal Educational Psychologist*, 43(1), 49-64. <http://dx.doi.org/10.1080/00461520701756420>
- Woody, A. I. (2013). How is the ideal gas law explanatory? *Science & Education*, 22(7), 1563-1580. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9424-6>

- Yang, H. T., & Wang, K. H. (2014). A teaching model for scaffolding 4th grade students' scientific explanation writing. *Research in Science Education*, 44(4), 531-548. <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-013-9392-8>
- Yeo, J., & Gilbert, J. K. (2014). Constructing a scientific explanation: A narrative account. *International Journal of Science Education*, 36(11), 1902-1935.
- Zangori, L., & Forbes, C. T. (2013). Preservice elementary teachers and explanation construction: Knowledge-for-practice and knowledge-in-practice. *Science Education*, 97(2), 310-330.
- Zangori, L., & Forbes, C. T. (2014). Scientific practices in elementary classrooms: Third- grade students' scientific explanations for seed structure and function. *Science Education*, 98(4), 614-639. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.21121>
- Zimmerman, M. A. (2004). Las teorías académicas y las concepciones personales en la formación docente. *XI Jornadas de Investigación*. Simposio llevado a cabo en la conferencia de la Facultad de Psicología de la Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Zuluaga, C. (2012). Historia y epistemología de la química en la selección y secuenciación de contenidos: La construcción del concepto de átomo. *Revista Virtual EDUCyT*, 5, 95-116. Disponible en <http://hdl.handle.net/10893/8645>
- Zúñiga Carmona, J. O. (2008). El Papel de la historia de la ciencia en el diseño de un modelo didáctico para la enseñanza de la noción de cambio químico. *Nova Època*, 1(2), 31-38. <http://dx.doi.org/10.2436/20.2006.01.56>

Anexos

Anexo 1. Carta de consentimiento informado

San Juan de Pasto, enero 16 de 2017

Señor

Paulo Emilio Díaz Montenegro

Rector

Institución Educativa Municipal Libertad

E.

S.

M.

Reciba un cordial y atento saludo.

Me dirijo a Usted con el fin de solicitarle su autorización para realizar el trabajo de campo de la tesis doctoral titulada *Aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar* en la sede principal de la Institución Educativa Municipal Libertad. Esta actividad académica se enmarca dentro del Programa de Formación Doctoral en Ciencias de la Educación de la Universidad de Nariño. La tesis cuenta con la asesoría del Doctor Álvaro García Martínez, docente investigador de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Bogotá) y del Doctor Mario Quintanilla Gatica, docente investigador de la Universidad Pontificia Católica de Chile (Santiago de Chile).

Las actividades de investigación tienen por finalidad compartir con los docentes del área de ciencias naturales y educación ambiental en ejercicio, los referentes teóricos sobre historia de la ciencia y explicación científica escolar, en el contexto de la práctica docente en el aula de clase, tomando el estudio de caso como estrategia metodológica en la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión de una vela.

Se prevé en el desarrollo de la investigación la reflexión sobre la explicación científica y la explicación científica escolar; la articulación de un hecho de la historia de la ciencia (la historia química de una vela) como un hecho didáctico a la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión. Por consiguiente, se pretende contribuir de manera significativa a potenciar la explicación científica escolar como un acto comunicativo en los docentes de ciencias naturales y educación ambiental en ejercicio.

Las actividades de investigación serán dirigidas por la docente Nayibe Mabel Paredes Arturo, Licenciada en Química, Especialista en Administración Educativa de la Universidad de Nariño, Magister en Educación de Universidad Pedagógica Nacional y Estudiante del Doctorado en Educación de la Universidad de Baja California.

Es importante resaltar que las actividades realizadas en el proceso de investigación serán filmadas para su análisis y posterior evaluación. Los resultados del estudio pueden ser publicados, respetando la identidad de los participantes y la producción académica de cada uno de los profesores del área de ciencias naturales y educación ambiental de la institución.

Para su información a continuación se relacionan los derechos de los participantes en el proceso de investigación:

- La participación de los docentes del área de ciencias naturales y educación ambiental y educación ambiental es voluntaria. En este sentido, los docentes pueden retirarse del proceso en cualquier momento de la investigación.
- Cualquier duda que surja dentro del proceso investigativo será resuelta por la docente investigadora.
- El docente participante de la investigación recibirá una copia del documento de la misma.
- Conservar la reserva de su identidad en la publicación de documentos para efectos de la tesis doctoral
- Respetar la autoría en los documentos producidos por los docentes del área de ciencias naturales y educación ambiental.

AUTORIZACIÓN

Yo, Paulo Emilio Díaz Montenegro, identificado con Cédula de Ciudadanía No. _____ expedida en Pasto estoy de acuerdo en que los docentes del área de ciencias naturales y educación ambiental y educación ambiental de la Institución Educativa Municipal Libertad, participen en el proyecto de tesis doctoral titulado *Aportes de la historia de la ciencia a la explicación científica escolar*.

Manifiesto que me quedan claro los objetivos y alcances de la investigación. La docente Nayibe Mabel Paredes Arturo se compromete a realizar la socialización de los resultados derivados de este proceso una vez finalizada la tesis doctoral.

Paulo Emilio Díaz Montenegro
C.C. No.
Rector

Anexo 2. Acta de consentimiento informado docentes

He sido invitado (a) a participar en la investigación titulada *Aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar* que tiene el propósito de analizar los aportes de la historia de la ciencia a las explicaciones dadas por los profesores de ciencias naturales en formación, al momento de estudiar el fenómeno de la combustión en el aula de clase. A partir de la articulación del caso histórico presentado en el libro *La historia química de una vela* de Michael Faraday al diseño de la explicación científica escolar del fenómeno de la combustión. Por consiguiente, se pretende contribuir de manera significativa a potenciar la explicación científica escolar como un acto ilocucionario en los docentes de ciencias naturales y educación ambiental en ejercicio.

Al participar en este estudio y con la firma del acta, manifiesto que estoy de acuerdo en el análisis y publicación de los resultados; respetando los criterios de confidencialidad y propiedad intelectual de los documentos producidos durante el proceso.

Por tanto, entiendo que:

- La participación es libre y voluntaria y me puedo retirar en cualquier momento del proceso.
- Puedo realizar preguntas y solicitar asesoría sobre las actividades propuestas Nayibe Mabel Paredes Arturo, investigadora responsable del proyecto, al correo nayarturo72@yahoo.es o al celular 3174642854.
- Se respetará el derecho a la confidencialidad y a la autoría de los documentos producidos bajo mi responsabilidad.
- Los materiales escritos pueden ser vistos y analizados por la investigadora y por los asesores de la tesis.
- Recibo una copia de la presente acta de compromiso.
- Los resultados de la investigación se publicarán en el documento final de la tesis.
- Firmo voluntariamente esta acta.

Datos del (de la) participante:

Nombres y Apellidos _____
Cédula de Ciudadanía No. _____ Expedida en _____
Nombre de la Institución Educativa _____
Firma _____ C.C. No. _____

Anexo 3. Percepción de la Historia de la Ciencia en la explicación científica escolar

En el marco de la investigación de la tesis titulada *Aportes de la Historia de la Ciencia en la Explicación Científica Escolar*, adelantado en el Programa de Formación Doctoral en Ciencias de la Educación de la Universidad de Nariño. En esta oportunidad, se aplica un instrumento de carácter exploratorio, con el fin de recoger información en torno a las ideas previas de los docentes de ciencias naturales y educación ambiental en ejercicio respecto a la historia de la ciencia y sus aportes en la explicación en ciencia en el aula escolar. El instrumento se fundamenta en los criterios consensuados sobre el uso de la historia de la ciencia en la enseñanza propuesto por Merino y Quintanilla (2009) y en el instrumento aplicado por Oñate, Saavedra y Spolmann (2011).

ANTECEDENTES PERSONALES

Nombre completo _____
Cédula de Ciudadanía _____ No. de cédula _____
Correo electrónico _____
Teléfono _____

Institución educativa _____
 Número de años de experiencia como docente _____
 Licenciado (a) en _____ Año de titulación _____
 Universidad _____
 Grados en los cuales trabaja como docente _____

PREGUNTAS:

1. En su formación inicial como profesor de ciencias Usted recibió formación en **historia de las ciencias**, ¿podría señalar en qué modalidad le impartieron los contenidos de esta disciplina?

A	En una asignatura específica de historia de la ciencia.	
B	Como contenido específico dentro de una asignatura no específica.	
C	Como un contenido dentro de alguna disciplina específica. Por favor, enuncie la disciplina _____	
D	Otra modalidad. Por favor enuncie la modalidad:	
E	NO recibió formación en historia de la ciencia.	

2. En su formación inicial como profesor de ciencias Usted recibió formación en **didáctica de las ciencias**, ¿podría señalar en qué modalidad le impartieron los contenidos de esta disciplina?

A	En una asignatura específica de historia de la ciencia.	
B	Como contenido específico dentro de una asignatura no específica.	
C	Como un contenido dentro de alguna disciplina específica. Por favor enuncie la disciplina: _____	
D	Otra modalidad. Por favor enuncie la modalidad:	
E	NO recibió formación en didáctica de las ciencias.	

3. En su formación permanente como profesor de ciencias Usted ha recibido capacitación en **historia de la ciencia**, ¿podría señalar en qué modalidad le impartieron los contenidos de esta disciplina?

A	En cursos o diplomados específicos de historia de la ciencia ofrecidos por instituciones formadoras de docentes en formación permanente.	
B	En cursos o diplomados específicos de historia de la ciencia ofrecidos por la institución en donde Usted trabaja.	
C	En cursos o seminarios realizados por Usted de manera particular.	
D	Otra modalidad. Por favor enuncie la modalidad:	
E	NO recibió formación en historia de la ciencia.	

4. En su formación permanente como profesor de ciencias Usted ha recibido capacitación en **didáctica de la ciencia**, ¿podría señalar en qué modalidad le impartieron los contenidos de esta disciplina?

A	En cursos o diplomados específicos de didáctica de la ciencia ofrecidos por instituciones formadoras de docentes en formación permanente.	
B	En cursos o diplomados específicos de didáctica de la ciencia ofrecidos por la institución en donde Usted trabaja.	
C	En cursos o seminarios realizados por Usted de manera particular.	
D	Otra modalidad. Por favor enuncie la modalidad:	
E	NO recibió formación en didáctica de la ciencia.	

INTRUCCIONES ESPECÍFICAS

Escala de Valoración

Valoraciones	Clave	Descripción de la Valoración
Totalmente de Acuerdo	SM	Si comparte el contenido del enunciado tal y como está redactado.
Parcialmente de Acuerdo	SP	Si comparte el contenido central del enunciado en algunos de sus aspectos.
Imparcial	I	Si piensa que no tiene el conocimiento suficiente para responder este enunciado en uno o más aspectos.
Parcialmente en Desacuerdo	PD	Si no comparte el contenido del enunciado tal y como está redactado.
Totalmente en Desacuerdo	TD	Si no comparte el contenido central del enunciado en ninguno de sus aspectos.

Por favor, señale con una equis (X) en la casilla correspondiente, según su apreciación personal para cada una de las siguientes afirmaciones.

CUESTIONARIO

Ítems	Enunciado	Valoración				
		SM	SP	I	PD	TD
1	La historia de la ciencia describe los acontecimientos concretos que se produjeron en el pasado en su propio contexto.					
2	En la historia de la ciencia se analiza la investigación y sus resultados sin olvidar los objetivos, los motivos y los valores.					
3	La historia de la ciencia es una interpretación de los hechos según planteamientos actuales.					
4	La historia de la ciencia es una colección de expresiones empíricas y formales acerca de la naturaleza adecuada al conocimiento científico de la época.					
5	En la historia de la ciencia se describen las actividades o comportamientos «científicos» según criterios históricos.					
6	La historia de la ciencia hace referencia a cuándo un acontecimiento es una interpretación histórica o es un hecho objetivo.					
7	En la historia de la ciencia se presentan los acontecimientos de modo tal que puedan recrearse, dado que muestra los datos disponibles.					
8	En la historia de la ciencia se presenta la periodización como obra de los historiadores, no de la ciencia.					
9	La historia de la ciencia presenta los temas agrupados según el criterio del historiador, sin pretender reflejar una tendencia del desarrollo de la ciencia.					
10	En la historia de la ciencia se manifiesta que la ciencia del pasado no debería estudiarse a los ojos de la ciencia de hoy, a menos que haya buenas razones para ello.					
11	La historia de la ciencia permite seleccionar temas según los patrones y valores contemporáneos.					
12	En clase de ciencias, se puede justificar la presentación de sucesos ficticios.					
13	En clase de ciencias, es posible plantear situaciones que son problemáticas desde el punto de vista histórico.					
14	En clase de ciencias, se presenta una idea conductora y se justifica.					
15	En clase de ciencias, se pone en evidencia que el conocimiento científico es una construcción histórica de la humanidad.					

Gracias por su participación.

Anexo 4. Instrumento exploratorio docentes

En el marco de la investigación de la tesis titulada *Aportes de la Historia de la Ciencia en la Explicación Científica Escolar*, adelantado en el Programa de Formación Doctoral en Ciencias de la Educación de la Universidad de Nariño. En esta oportunidad, se aplica un instrumento de carácter exploratorio, con el fin de recoger información en torno a las ideas previas de los docentes de ciencias naturales y educación ambiental en ejercicio respecto a la explicación científica, a la explicación científica escolar y a la explicación del fenómeno de combustión de una vela.

Instrucciones Generales:

1. Complete sus antecedentes personales y académicos.
2. Lea atentamente las preguntas y responda a cada una de ellas.

Antecedentes Personales:

Nombre completo _____
Cédula de ciudadanía _____ No. de cédula _____
Correo electrónico _____
Teléfono _____

Institución educativa _____
Número de años de experiencia como docente _____
Licenciado (a) en _____ Año de titulación _____
Universidad _____
Grados en los cuales trabaja como docente _____

Preguntas:

a. ¿Cómo entiende la explicación?

b. ¿Cómo entiende la explicación científica?

c. ¿Cómo entiende la explicación científica escolar?

d. ¿Cómo explicaría el fenómeno de la combustión de una vela?

Gracias por su participación.

Anexo 5. Instrumento exploratorio estudiantes

En el marco de la investigación de la tesis titulada *Aportes de la Historia de la Ciencia en la Explicación Científica Escolar*, adelantado en el Programa de Formación Doctoral en Ciencias de la Educación de la Universidad de Nariño. En esta oportunidad, se aplica un instrumento de carácter exploratorio, con el fin de recoger información en torno a las ideas previas de los estudiantes respecto a la forma en que los docentes de ciencias naturales y educación ambiental en ejercicio explican la clase.

Instrucciones Generales

1. Complete sus antecedentes personales.
2. Lea atentamente las preguntas y responda a cada una de ellas.

Antecedentes Personales:

Nombre completo _____

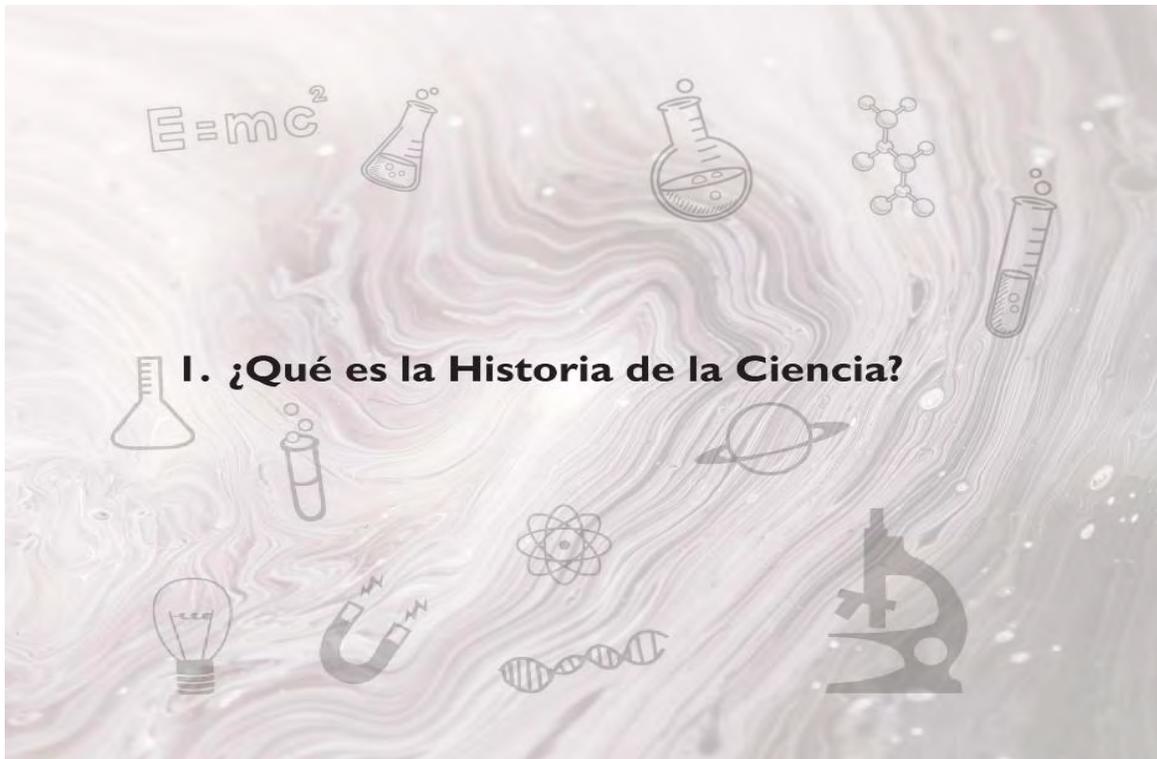


“El examen de los pasos a través de los cuales llegaron nuestros antepasados a nuestro estado intelectual... puede enseñarnos como mejorar y aumentar nuestro bagaje ...



y proporcionarnos alguna indicación sobre el modo más prometedor de dirigir nuestros esfuerzos en el futuro, de modo que lo engrandezcamos y completemos”. (Kragh, 2007, p. 15)

Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>



Expresión Multívoca (Aduriz-Bravo, 2011)

Ámbitos:

- decurso histórico de la ciencia
- disciplina académica de carácter metacientífico.
- producto de la reflexión de la disciplina = reconstrucción racional.
- narrativa



Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>



H1: describe los fenómenos o acontecimientos concretos que se produjeron en el pasado = historia objetiva

H2: análisis de la realidad histórica, investigación histórica y resultados. (H1)

Horizontal: evolución de un problema a lo largo de un tiempo

Vertical: diversas fuentes en un mismo periodo de tiempo

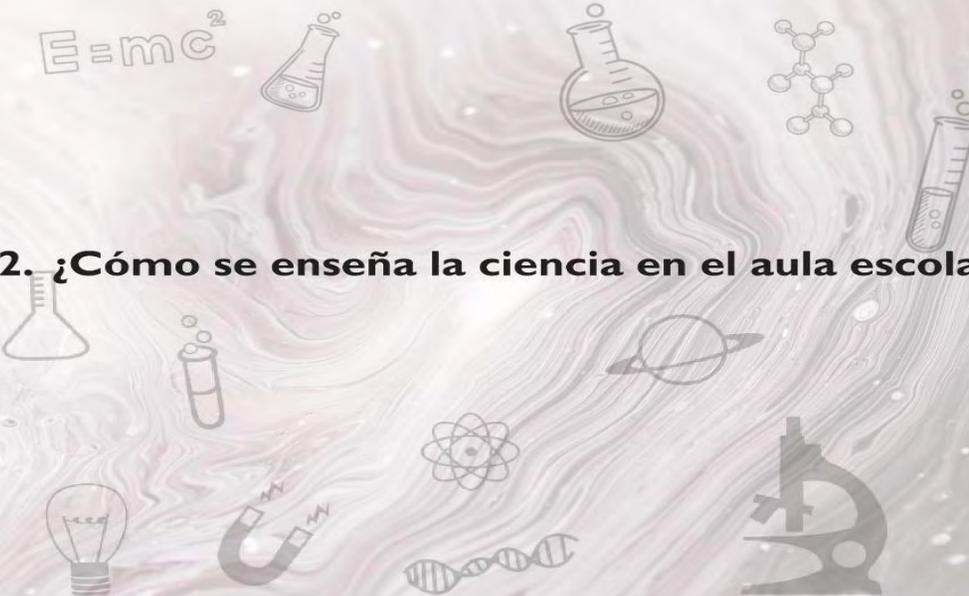
Anacrónica: se estudia el pasado y se valida a la luz del presente (falsa)

Diacrónica: el pasado de acuerdo a las condiciones que existían en él (ideal)

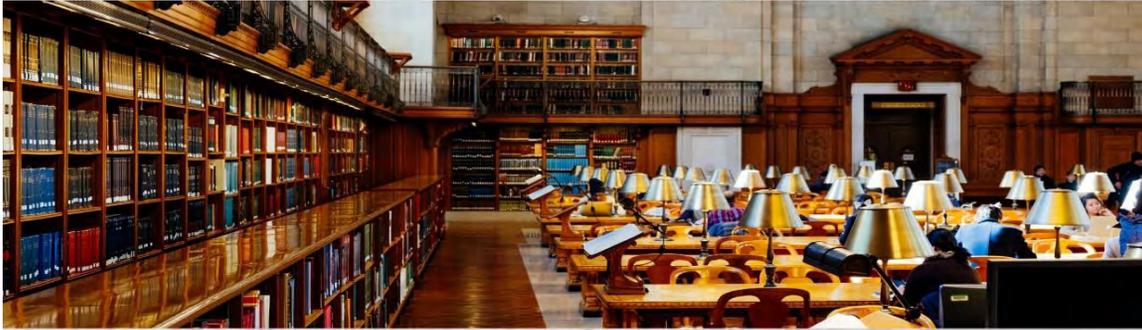
Recurrente o Sancionada: Una historia del pasado evaluada según los valores de la ciencia actual; es, por lo tanto, una historia que se está escribiendo constantemente (Bachelard, 1993)

Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>

2. ¿Cómo se enseña la ciencia en el aula escolar?



- Ahistórica.
- Las teorías y fenómenos se presentan de manera invariable en el tiempo.
- Ciencia de fórmulas y definiciones.
- Fragmentación entre la formación del concepto y la experimentación
- La historia de la ciencia se presenta como viñetas, intención retórica, verdades absolutas, detalles vida de un autor (historia ornamental).

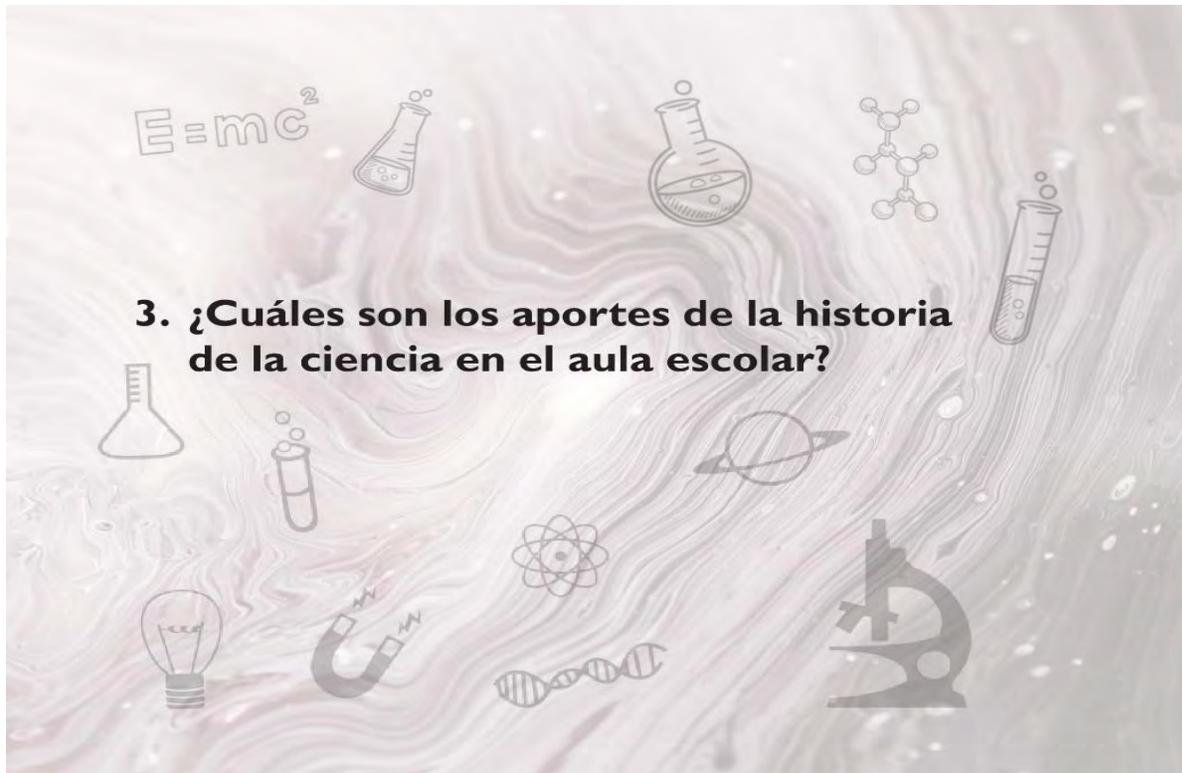


Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>

- Existe la probabilidad que se considere inútil la introducción de la HC en la enseñanza de la ciencia.
- Las prácticas de laboratorio se orientan bajo una perspectiva de receta.
- Enseña de manera teórica una ciencia experimental.
- Centrada en el dominio conceptual.
- Privilegia el desarrollo de ejercicios de lápiz y papel.



Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>



- Promotora de ciencia y ciudadanía.
- Pensar con teoría, experimentar y reflexionar = pensamiento crítico
- Enseñanza integral en el aula como elemento socializador de saberes y de convivencia humana.
- Interdisciplinar.
- Generadora de debates y discurso académicos.
- Buenas preguntas que lleven a pensar.



Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>

- Palabra = hilo imaginación= observación=construcción discursiva
- Posibilite la generación de criterio químico a través de la intervención experimental y reflexiva de situaciones químicas
- Experimentación= producción sistemática de la novedad
- Teoría y experimentación confluyen paralelamente
- Acción docente guiada por un trabajo cooperativo
- Los saberes nos brindan un mejor entendimiento del futuro
- Ciencia enseñable = ciencia escrita
- Problema científico= problema social
- Intereses particulares= intereses sociales
- Trabajo aislado=trabajo cooperativo
- Conocimiento enciclopédico= Conocimiento comprensión



$$E=mc^2$$



4. Qué implica la practica experimental





- Currículos con orientación interdisciplinar
- Fundamentación teórica de las secuencia de enseñanza aprendizaje
- Esclarecer el origen y evolución del conocimiento científico
- Detectar obstáculos epistemológicos históricos, otra connotación del error
- Narrativas y ejemplos paradigmáticos
- Genera crisis en las representaciones de los profesores y estudiantes
- Mayor complejidad en la caracterización del pensamiento científico
- Comprensión de la naturaleza del ciencias, métodos e instrumentos de investigación
- Contribuye a construir un modelo de ciencia



Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>

- Ilumina los procesos de: pensamiento, acción y lenguaje
- Evaluación crítica de los conceptos y métodos de la ciencia moderna
- Exige razones explicativas
- Puentes entre las ciencias naturales y las humanidades
- Estudiante tome contacto con producciones históricas valiosas
- Otras formas de inteligibilidad
- Proporciona contextos a los conocimientos emergentes y saca a la luz aportes al conocimiento científico

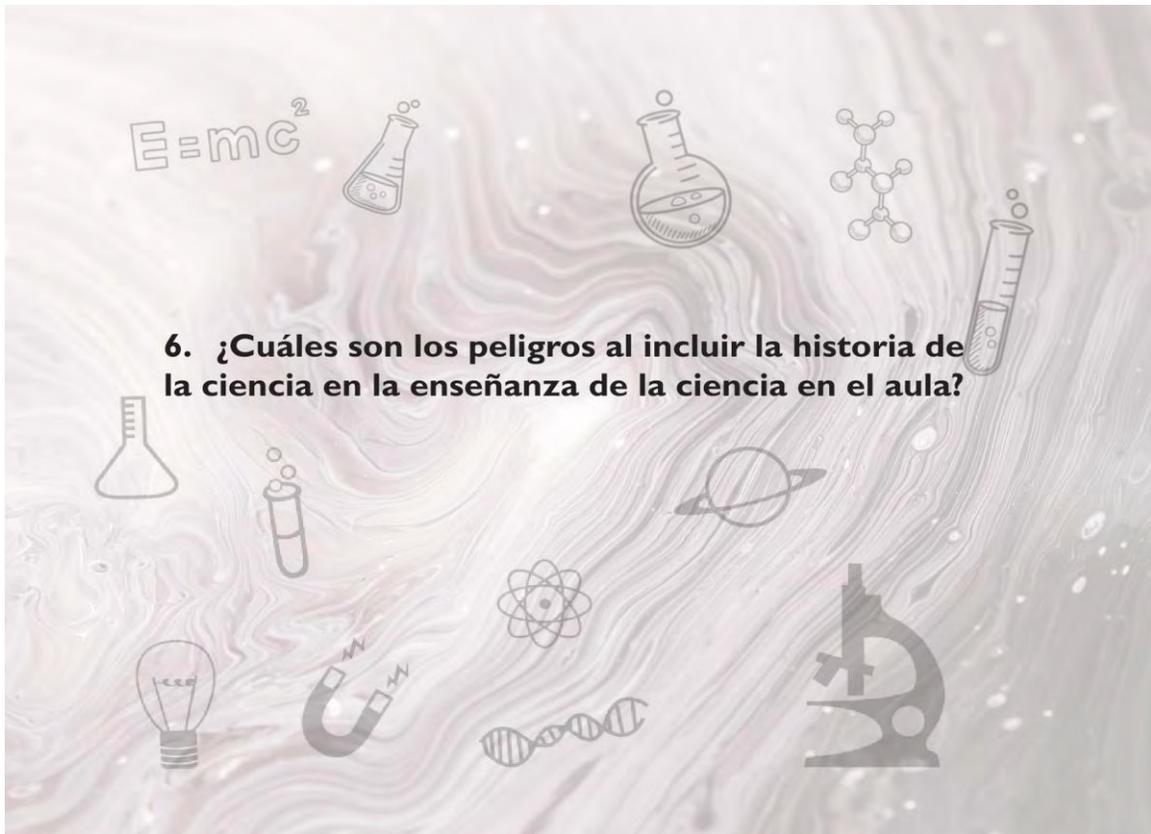


Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>

- Sugiere preguntas desafiantes sobre la emergencia de las entidades científicas con las que hoy se explica el funcionamiento y estructura del mundo material
- Permite reconocer las ideas de los estudiantes al interpretar los fenómenos, al descubrir que existe un cierto paralelismo entre ellas y las explicaciones que se dieron a estos mismos fenómenos en otros momentos históricos
- Invita a leer buenas historias
- Inspira nuevas estrategias de presentar temas complejos
- Trabajo cooperativo



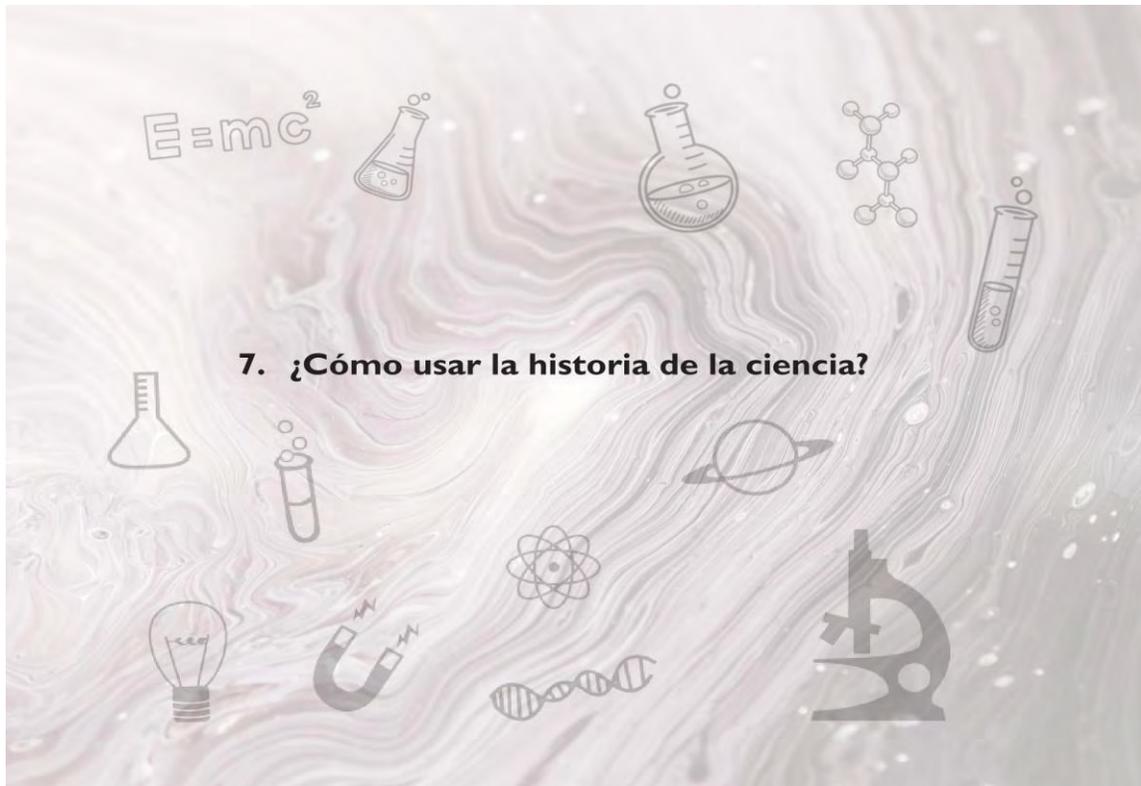
Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>



- Juzgar las producciones científica a la luz de los conocimientos actuales.
- Supuesto progreso lineal y acumulativo de los conocimientos científicos.
- Dificultades para la aproximación interdisciplinar o pluridisciplinar.
- Idea de método científico como un conjunto de reglas que permiten acceder a un conocimiento veraz.
- Refuerzo de las representaciones del alumno.
- Utilización anecdótica bibliográfica. Hombres geniales.
- Teorías como causa consecuencia.



Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>



“Hay que vencer las murallas de los siglos para resituar las palabras en su mundo, en su cultura para reconstruirlas y recontextualizarlas”

- Estudiar los documentos originales que elaboran los científicos en cada una de sus épocas.
- Implementar el uso de narrativas para la presentación de los contenidos de la NOS.
- Elección y construcción de hechos ejemplares.
- Replica de experimentos.
- Estudios de las controversias científicas.
- Explicar historias contextualizadas.



Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>

- Hacer simulaciones o dramatizaciones de situaciones históricas, en las cuales los estudiantes puedan argumentar.
 - Repetir practicas relevantes.
 - Identificar, caracterizar y describir instrumentos antiguos mediante laminas o esquemas obtenidos de reproducciones o sitios de internet.
 - dar a conocer personajes históricos que permitan comprender los aspectos humanos de la ciencia.
 - Mostrar situaciones históricas de crisis.
 - Promover el análisis de entramados históricos.
- (Daza, Arrieta, Muñoz, 2001, p. 148)*



Imágenes: The royal institution - <http://www.rigb.org>

Anexo 7. Taller de formación docente. Historia química de una vela



Historia química de una vela - Michael Faraday -

<p>Conferencia I</p>	<p>Conferencia II</p>	<p>Conferencia III</p>
<p>Una vela: La llama, Su origen, estructura, movilidad, brillo, composición de la vela.</p>	<p>La vela: la brillantez de las llamas. El aire necesario para la combustión.</p>	<p>Productos: El agua de la combustión. La combustión. La naturaleza del Agua. Un compuesto. Hidrógeno.</p>
<p>Conferencia IV</p>	<p>Conferencia V</p>	<p>Conferencia VI</p>
<p>El hidrógeno en la vela.</p>	<p>El oxígeno presente en el aire. La naturaleza de la atmósfera y sus propiedades.</p>	<p>Carbono y hulla. Gas de hulla, La respiración y su analogía con la combustión de una vela.</p>

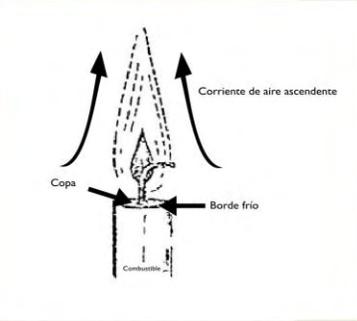


Conferencia I

a. sebo es grasa de buey purificado para obtener estearina

sebo $\xrightarrow{\text{cal viva + Jabón H}_2\text{SO}_4\text{(d)}}$ Acido esteárico + glicerina $\xrightarrow{\text{P y T purificados}}$ Estearina
(ácidos grasos+ hierve glicerina) descompone Δ

b. Esperma ballena
 c. Cera de abeja
 d. Parafina
 ¿Si una vela se derrite se puede moldear? -No-
 La cera No puede moldearse
 Las velas se pueden hacer de diferentes colores y formas
 Vela es un material sólido No contenido en ningún recipiente
 Una vela forma una copa



▶

Inicio Conferencia I Conferencia II Conferencia III Conferencia IV Conferencia V Conferencia VI

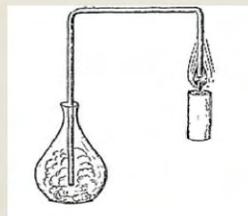
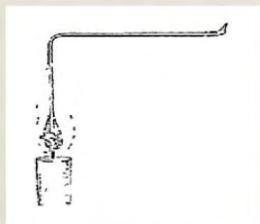


Conferencia II

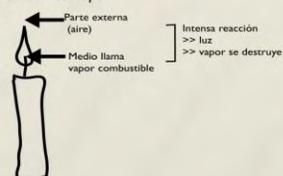
La producción de agua

Una vela se enciende, desaparece, si ardió correctamente sin dejar el menor rastro.

- La cera se transforma en un fluido vaporoso
- Vapor capaz de condensarse.
- El vapor de la cera genera la llama.
- Vapor producido por propio calor.



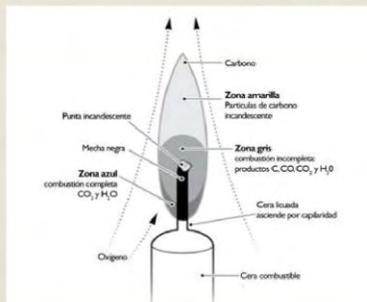
Das reacciones en diferentes partes de la vela
 a. producción de vapor
 b. combustión del vapor



- Inicio
- Conferencia I
- Conferencia II
- Conferencia III
- Conferencia IV
- Conferencia V
- Conferencia VI



- El calor se ubica donde se junta el aire y el combustible.
- El aire es absolutamente necesario para la combustión.
- El aire debe ser fresco.
- Si el aire no es suficiente se produce combustión incompleta.
- Hay sustancias que queman con llama y otras que lo hacen sin ella.
- Existen diferentes tipos de combustión.



Tubo vidrio parte luminosa de la llama vapor negro (C) no arde.
 Tubo vidrio en el centro llama vapor blanco combustible vaporoso se enciende

- Las partículas de C liberadas se elevan calientes y brillantes
- Carbono en ignición

- Inicio
- Conferencia I
- Conferencia II
- Conferencia III
- Conferencia IV
- Conferencia V
- Conferencia VI



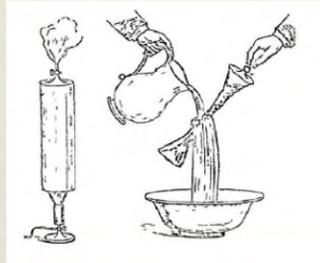
Conferencia III



-Vela arde inadecuadamente:
hulla o humo
-sustancia invisible que se eleva
-vapor condensable
-parte incondensable

AGUA: parte condensable producida por la vela, es la misma agua de los rios o del océano.
El agua se puede presentar en diferentes condiciones pero sigue siendo total y absolutamente la misma cosa.

Agua en estado sólido líquido o gaseoso
El agua en sentido químico >> compuesta por dos sustancias
- El hielo se transforma en agua cuando aumenta temperatura.
- El hielo al enfriarse dentro del recipiente se expande y el vapor calentándola aumenta su volumen
- El hielo flota >> el hielo es mayor en volumen que la cantidad de agua que lo produce; por lo tanto el hielo es más ligero y el agua más pesada
- La condensación del agua desde un estado de vapor a un estado líquido.
- No hay nada que transforme el agua en ninguna otra cosa.



Inicio

Conferencia I

Conferencia II

Conferencia III

Conferencia IV

Conferencia V

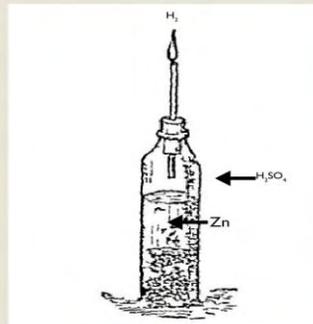
Conferencia VI



- El agua proviene de una parte de la vela y una parte del aire
- Las reacciones químicas con acrecentadas por la acción del calor
- Gas combustible >> sustancia muy ligera - se eleva y no se condensa, conserva sus propiedades, estado, independencia.
- Hidrógeno: elemento - No obtenemos nada a partir de ellos

Una vela no es un cuerpo elemental, se puede obtener carbono, hidrogeno, agua que la vela proporciona hidrogeno que en asociación con otro produce agua.

El Hidrógeno es más liviano que la atmósfera.
No produce ninguna sustancia sólida cuando arde, solo produce agua y es la única sustancia en la naturaleza que proporciona agua como único producto de la combustión.



Vela del filósofo

Inicio

Conferencia I

Conferencia II

Conferencia III

Conferencia IV

Conferencia V

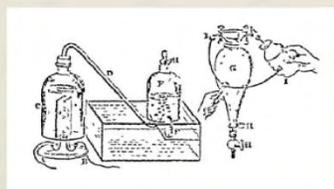
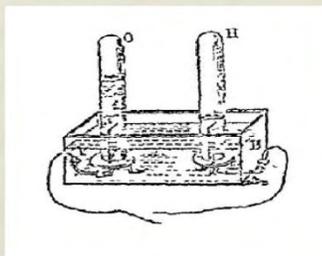
Conferencia VI



Conferencia IV

Oxígeno descomposición del agua por medio de una corriente eléctrica.

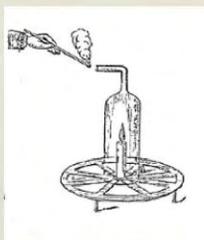
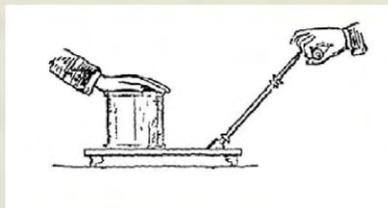
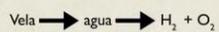
Oxígeno: no arde por si solo - activa la combustión. Cuerpo más pesado que el hidrógeno. Insoluble en el agua. Propiedades visibles y habituales de la atmósfera elevada capacidad de combustión.



- Inicio
- Conferencia I
- Conferencia II
- Conferencia III
- Conferencia IV
- Conferencia V
- Conferencia VI



Conferencia V



- Aire diferente combustión Oxígeno.
- Obtención del nitrógeno del aire.
- No tiene efectos sobresalientes sobre la combustión.
- No es inflamable.
- No deja que la cerilla arda.
- Impide combustión.
- No tiene olor.
- No se disuelve en agua.
- No es ácido.
- No alcalino.



- Inicio
- Conferencia I
- Conferencia II
- Conferencia III
- Conferencia IV
- Conferencia V
- Conferencia VI



El nitrógeno disminuye la concentración del oxígeno y hace que se ejerza una acción moderada y nos resulte útil.

- Es una sustancia "segura"
- Hace que la atmósfera sea adecuada para la combustión del fuego y la vela
- Para pasar los gases se usa una botella de cobre con una llave que podemos abrir y cerrar con una bomba de aire se fuerza el aire a entrar cierra la botella y se coloca en la balanza
- Experimentos para demostrar el peso del aire.
- Adherencia de una Ventosa se puede deslizar de un lado para otro mantiene sujeta por la presión atmosférica (vaso de agua dar la vuelta sin que salga el agua)



- El aire no puede penetrar en el interior del vaso el agua por atracción capilar alrededor del borde lo mantiene fuera prueba la resistencia positiva del aire con un fusil de juguete
- compresibilidad y dilatibilidad
- una vela se apaga si se coloca cerca de la corriente de aire que sale por la parte superior de la chimenea
- producción de ácido carbónico mediante la reacción de caliza y ácido sulfúrico.

Inicio

Conferencia I

Conferencia II

Conferencia III

Conferencia IV

Conferencia V

Conferencia VI



Faraday analiza los gases según su combustión y presenta la historia química de las sustancias

- No es combustible
- no permite la combustión
- se vuelve blanco al mezclarse con agua de cal
- se disuelve un poco en agua
- es un gas muy pesado
- Una pompa de jabón flota en el ácido carbónico



Inicio

Conferencia I

Conferencia II

Conferencia III

Conferencia IV

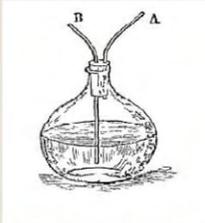
Conferencia V

Conferencia VI



Conferencia VI

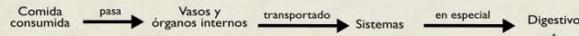
- Una vela arde de manera deficiente produce humo cuando el humo se inflama produce luminosidad
- Experimento Esponja humedecida con trementina
- Todo el Carbono que se consume es el oxígeno en el aire se desprende como ácido carbónico
- El Carbono arde como una chispa y no como una llama se llama se debe a la formación de oxígeno carbónico
- El Carbono arde como un cuerpo Sólido y denso y el calor no puede alterar por sí solo su solidez



- Siempre que el carbono arde en condiciones normales produce ácido carbónico
- Una vela contiene Carbono aunque no pueda verse a simple vista.
- La serie carbonosa - carbones - hullas y maderas, arden como un cuerpo sólido.
- La relación entre la combustión de la vela y la combustión viviente que se desarrolla dentro de nosotros
- Los pulmones retienen el oxígeno del aire.
- Esencialidad del aire fresco.
- El aire procede de los pulmones, se introduce en el interior del recipiente a través del tubo B. El agua de cal se vuelve lechosa, mostrando la presencia de ácido carbónico.



- Respiración: Explicación.



Parte transformada es transportada por los vasos a los pulmones.
 - El aire actúa sobre la sangre produciendo el mismo tipo de resultados que la vela
 - El aire entrante se combina con el Carbono (No carbono en estado libre) produce ácido carbónico que se lanza a la atmósfera.
 Alimento como un combustible.



Fuerza de gravedad
(Líquido en posición horizontal)



- El sebo líquido apaga la llama
- El combustible solo en estado vaporoso mantiene la llama y es más brillante en la punta y más oscura hacia la base.
- La llama se mueve según la corriente.
- La corriente hace variar la trayectoria de la llama en diferentes sentidos.

La llama nunca es de la forma como se percibe en este momento, consiste en una multitud de diferentes figuras, sucediéndose unas a otras tan rápidamente que el ojo solo es capaz de tomar conciencia de todas ellas como si fueran una.



Anexo 8. Taller de formación docente. Faraday: un hombre de ciencia



Faraday un hombre de ciencia

Michael Faraday: 22 de septiembre de 1791 en Newington Butts.

Padres: James Faraday y Margaret Hastwell.

Perteneció a una iglesia protestante escocesa conocida como la congregación de los Sandemanianos. Toda acción es concebida en referencia a un ser superior.

"la creación más noble de Dios es el hombre, y la creación más noble del hombre es el conocimiento del universo de Dios."
[Faraday citado por James, 2010].

La educación de Faraday se describe como muy común. Fuerte formación en valores cristianos.



Faraday aprendiz de encuadernador en 1805 con el señor Riebau

- ✓ Conversations on Chemistry de Marcet
- ✓ Los tratados eléctricos en la Enciclopedia Británica. F

"cada experimento diseñado por otro, implica una especie de radiación luminosa en diferentes direcciones"
[Faraday citado por Tyndall, 1890, p. 16].

En 1812 Faraday, asistió a una serie de conferencias dictadas por Davy Humphry en "The Royal Institution".

En 1813 Faraday acompaña a Davy en un viaje por Francia, Italia y Suiza. Un viaje que le permitió a Faraday conocer científicos como Alessandro Volta en Milán, Italia, aprender otros idiomas y convertirse en el discípulo de Sir Humphry Davy



- Importancia de las cosas sencillas
- La ciencia se puede estudiar a partir de los fenómenos evidentes.
- Cada fenómeno, acción o efecto hay un hecho que puede ser lo suficientemente interesante para iniciar un estudio.
- La teoría que se considera verdadera es aquella que responde a los principios del investigador, no necesariamente a la verdadera.
- La divulgación de la ciencia y la experimentación debía fundamentarse en el estudio y observación de objetos simples de la vida cotidiana.
- Formar hábitos de pensamiento e instruir en la práctica de la observación,
- Buscando la auto-instrucción a través del perfeccionamiento de la mente y del intelecto.
- La práctica de la rigurosidad, la perseverancia y la paciencia; cualidades inherentes en el aprendizaje de la ciencia

(Faraday, 1854).



[...] era un hombre de naturaleza excitable y de fuego, era el calor de un volcán; pero a través de su alta autodisciplina había convertido el fuego en un resplandor y en la fuerza motriz central de la vida, en lugar de permitir que se pierda en sí misma y se convierta en pasión inútil. Faraday no era lento para la ira, pero dominó por completo su propio espíritu y, por lo tanto, cautivó a todos los corazones [...].

(Feynman, 1990, p. 24).

Michael Faraday muere en su casa de Grace and Favor en Hampton Court el 25 de agosto de 1867.



conferenciante en el siglo XIX era un arte del dominio de la palabra y la elocuencia.

Faraday

- Inicia con humildad su presentación,
- Agradece al público joven su asistencia
- Agradece el interés por el conocimiento de temas científicos
- Describe la intención de la exposición, y
- Se sitúa en el lugar de los jóvenes hablando con un lenguaje sencillo y tratando de mantener siempre la atención del auditorio a través de la utilización de analogías, el uso de varios ejemplos de la naturaleza y la exhibición de experimentos.
- El perfeccionamiento de la observación es esencial en la explicación de los fenómenos naturales.
- Dentro de una explicación es mantener el interés de los estudiantes,
- Permitir que ellos puedan analizar las diferentes situaciones y ejemplos;
- El profesor constantemente debe realizar preguntas interesantes que les lleven a pensar en las causas de los fenómenos.
- Por lo tanto, es valioso realizar explicaciones de manera pausada, consiguiendo que el estudiante se dirija hacia la esencia de los conceptos explicados, los entienda perfectamente y pueda utilizarlos en temas siguientes.



En el diseño de estas prácticas es importante tener en cuenta la evolución histórica de los conceptos con el fin de estructurar los hilos conductores.

Faraday el error permite aprender sobre las limitaciones y deficiencias.

Según Faraday el investigador debe ser competente para investigar el error, en el examen, corrección, o verificación de sus propios puntos de vista. Más aun; el progreso mismo, de la ciencia parte de un cuerpo es una constante corrección de los errores,

El mejor escenario para el aprendizaje de las ciencias es la contemplación de la naturaleza

La conferencia tenía una orientación metodológica: el lenguaje verbal de la explicación científica con la observación de la experimentación dentro de la idea de la unidad de la naturaleza

Anexo 9. Taller de formación docente. Explicación científica escolar como acto ilocucionario



*Peter Achinstein y
la naturaleza de explicación*

El 30 de junio de 1935

es especialista en filosofía de la ciencia y también tiene intereses en la historia de la ciencia
Es fundador y director del Centro Johns Hopkins de Historia y Filosofía de la Ciencia.

The Nature of Explanation (1983)

La explicación científica es un acto ilocucionario

1. Que es un acto de explicación.
2. Que es el producto de una explicación.
3. Como deben evaluarse los productos de la explicación.



*Peter Achinstein y
la naturaleza de explicación*

explicación es un *par ordenado*, el cual podemos definir en los términos siguientes:

(x ; y) es una explicación de q que ofreció S si y sólo si

- i) Q es una pregunta de contenido;
- ii) x es una proposición completa que confiere contenido con respecto a Q ;
- iii) $y = \text{explica } q$;
- iv) $\exists a \exists u$ (a es un **acto** en el cual S explicó q al emitir u , y x está asociada con a).

El primer miembro del par es una proposición que constituye una respuesta a la pregunta hecha en el segundo miembro.

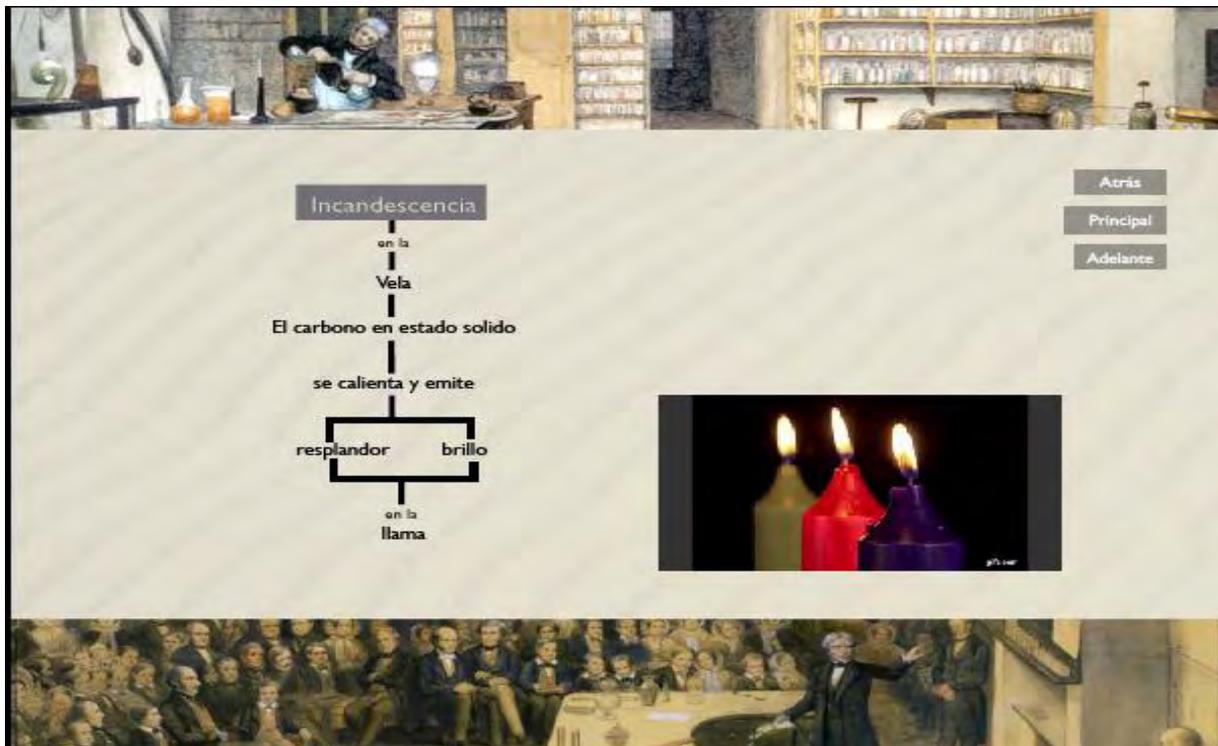
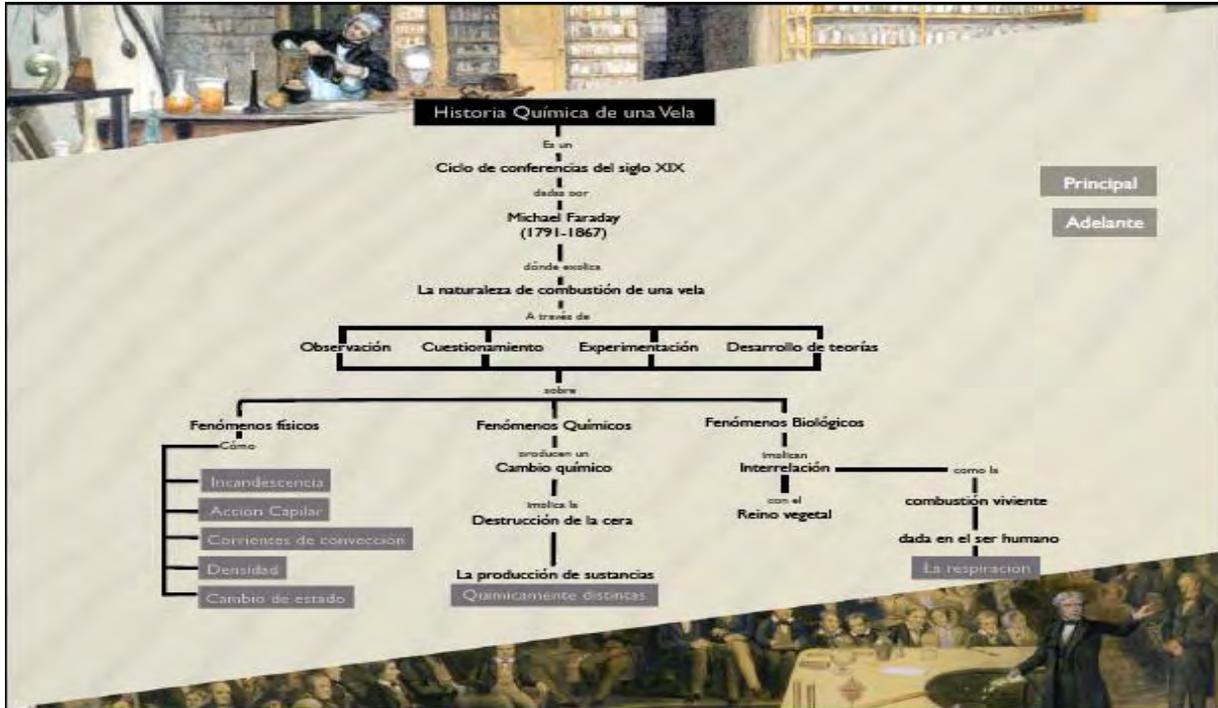
Estrategia de orientación docente



- ✓ Las habilidades son acciones cognitivas complejas que se van alcanzando progresivamente.
- ✓ criterio orientador de la enseñanza de las ciencias naturales.
- ✓ es un sistema de comunicación intencional.
- ✓ generan estrategias encaminadas a provocar el aprendizaje.
- ✓ es un criterio orientador, una planificación flexible.
- ✓ el aprendizaje de contenidos científicos involucra procesos relacionados con la cognición y la metacognición.
- ✓ Al finalizar el ciclo de aprendizaje, la comparación entre las ideas iniciales y finales y la reflexión sobre el proceso de ha generado estos cambios, a través de la síntesis y la reflexión.
- ✓ el éxito del aprendizaje depende más de la regulación continua y la corrección de los errores, que de la genialidad del método que se utiliza.

Anexo 10. Taller de formación docente. Selección de hechos relevantes

Primera Parte





Acción Capilar



- Atrás
- Principal
- Adelante

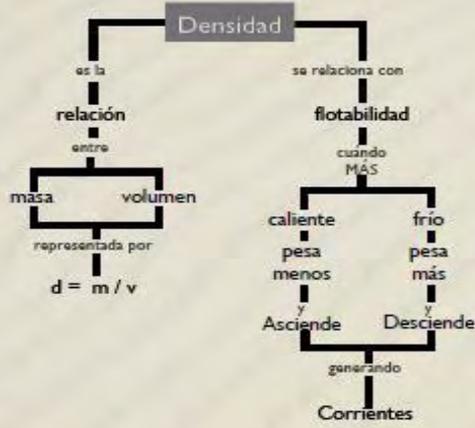


Corrientes de convección



- Atrás
- Principal
- Adelante





Atrás
Principal
Adelante



Cambio de estado



Atrás
Principal
Adelante





representadas por

Ecuación química

$$\text{C}_{25}\text{H}_{52}(\text{s}) + 38\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 25\text{CO}_2(\text{g}) + 26\text{H}_2\text{O}(\text{g})$$

Y liberación de **Energía**

en forma de

Luz Calor

La vela



Atrás
Principal
Adelante




La respiración

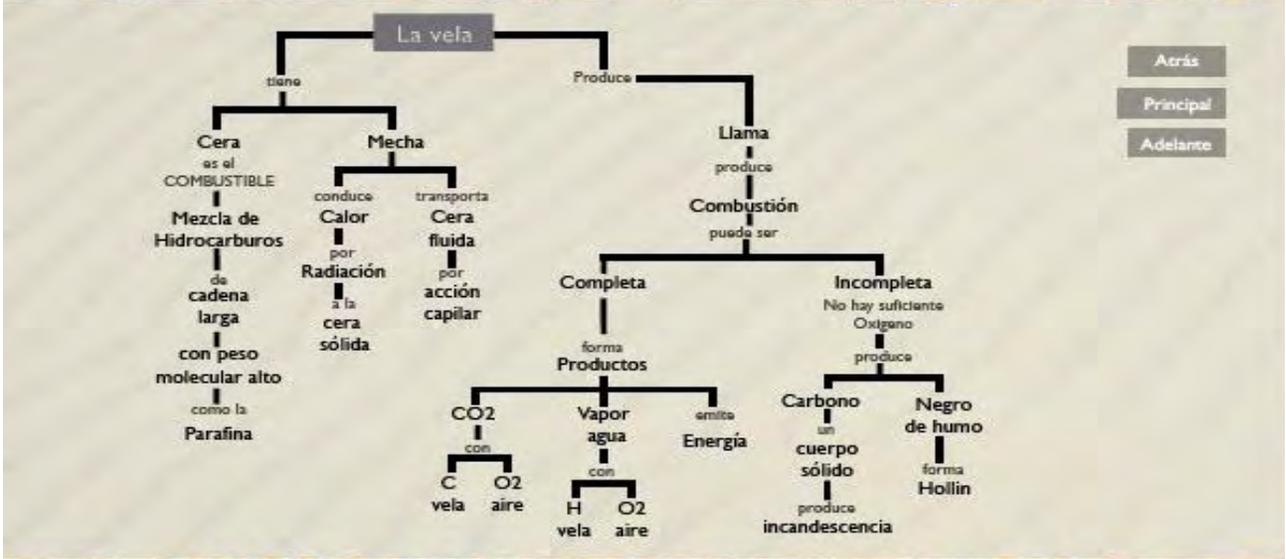
se inhala oxígeno con aire con alimentos que tienen Carbono para producir

- Dióxido de Carbono
- Agua
- Energía NO como llama ni luz




Atrás
Principal
Adelante





Atrás
Principal
Adelante



Segunda Parte

Explicación científica escolar rec - ATLAS.ti

Proyecto Edición Documentos Citas Códigos Memos Redes Análisis Herramientas Visualizaciones Ventanas Ayuda

DPs P157: Elección de tema Federico 1.mp3 Citas Códigos *Aclarar Memo

P157: Eleccion de tema Federico 1.mp3

P157: Eleccion de tema Federico 1.mp3

Clic panel para fijar reproducir/pausa

00:00:00 00:06:00 00:12:00 00:18:00 00:24:00 00:30:00

00:00:00 00:00:30 00:01:00 00:01:30 00:02:00 00:02:30 00:03:00 00:03:30 00:04:00 00:04:30 00:05:00 00:05:30 00:06:00 00:06:30 00:07:00 00:07:30 00:08:00 00:08:30 00:09:00 00:09:30 00:10:00 00:10:30 00:11:00 00:11:30 00:12:00 00:12:30 00:13:00 00:13:30 00:14:00 00:14:30 00:15:00 00:15:30 00:16:00 00:16:30 00:17:00

- # corriente convección
- # clima y mapas
- # Combustión- # evaporación
- # ghirn ron ania-~
- # Or deaminter monido-~
- # Observación directa-~
- # ES Estrategias aplicacion-~
- # experimento-~
- # aire-~
- # TE Contexto distinto-~ # TE
- # TE Escribir-~
- # Termodinámica
- # ES Progresion-~
- # TE Preguntas de estudiantes partes de la llama-~
- # TF Preguntas de estudiantes
- # TE Amplitud- TE Resolución pr
- # huracan-~
- # TE Contexto similar # TE In
- # TE Contexto distinto-~
- # TE Contexto similar
- # ES Causal-~

01 cogenia esa relacion, todo va en la llama, cierto
02 entonces las corrientes de conveccion y ese movimiento genera un
03 micromovimiento
04 podríamos con un cilindro pequeño, sostendría una hojita y ese giro nos estaría
05 representando la corriente de convección
06 esa se la podría explicar y observar, tal vez haya un video sobre la convección y
07 haríamos la experimentación
08 (este es bonito, es visible y es un contexto muy importante tiene muchos
09 mecanismos) en todo, el clima, por ejemplo
10 (estos dos temas me parecen muy bonitos) si porque no solo tiene que ver la
11 gravedad sino las variaciones de densidad, en la forma de la llama son varios los
12 factores que influyen, influye densidad, y en el centro de la llama, nosotros
13 podemos encontrar diferentes puntos de temperatura
14 donde se produce la llama que es prácticamente en todo el centro está la pura
15 reacción de vaporización de la cera más la combustión, ahí es la máxima
16 temperatura
17 ... una bomba de agua, la inflamamos, la llenamos de agua y la suspendemos, cómo
18 es la forma?
19 y por qué? es más pesado abajo, más densidad abajo, y menos arriba
20 poder y prácticamente explicar cómo es la gravedad (porque se podría en
21 identificación de saberes previos,
22 puede ser cómo se comporta la llama? como pregunta de contenido)
23 yo creo que hay dos forma de hacerlo iniciar con el experimento, entonces si
24 escogemos las corrientes de conveccion, podríamos hacer el experimento y ver
25 que surge en la actividad
26 entonces ahí despejamos las preguntas y las inquietudes, entonces podríamos con
27 la experimentación, para comprender cómo el cilindro empieza a girar al rededor
28 de la vela
29 entonces ahí escuchamos, una u otra razon, el viento, el aire, pero el viento a
30 veces se está moviendo y a veces está quieto
31 cuando el viento está quieto las cosas se mueven? no, no se mueven, etc, me
32 parece que esa es una forma
33 (es más interesante con el experimento original, genera la participación) si la
34 estructuración
35 (esos serían los elementos contextuales, el caso histórico no tiene lo, estas son
36 como las ideas, hay una corriente formada, que alarga la llama, está estrada
37 hacia arriba a una gran altura, el calor de la llama funde, la acción capilar esta en
38 la cera, este es el proceso de por qué pasa en ese esquema, aquí están las
39 proposiciones, es decir las frases afirmativas o explicar si hay una negativa por

Tamaño: 1 Audio Predeterminado

Explicación científica escolar rec - ATLAS.ti

Proyecto Edición Documentos Citas Códigos Memos Redes Análisis Herramientas Visualizaciones Ventanas Ayuda

DPs P158: Elección de tema Federic 2.mp3 Citas Códigos *Aclarar Memo

P158: Eleccion de tema Federic 2.mp3

P158: Eleccion de tema Federic 2.mp3

Clic panel para fijar reproducir/pausa

00:00:00 02:00:00 04:00:00 06:00:00 08:00:00 10:00:00 12:00:00

00:00:00 00:00:30 00:01:00 00:01:30 00:02:00 00:02:30 00:03:00 00:03:30 00:04:00 00:04:30 00:05:00 00:05:30 00:06:00 00:06:30 00:07:00 00:07:30 00:08:00 00:08:30 00:09:00 00:09:30 00:10:00 00:10:30 00:11:00 00:11:30 00:12:00 00:12:30 00:13:00 00:13:30 00:14:00 00:14:30 00:15:00 00:15:30 00:16:00 00:16:30 00:17:00 00:17:30 00:18:00 00:18:30 00:19:00 00:19:30 00:20:00 00:20:30 00:21:00 00:21:30 00:22:00 00:22:30 00:23:00 00:23:30 00:24:00 00:24:30 00:25:00 00:25:30 00:26:00 00:26:30 00:27:00 00:27:30 00:28:00 00:28:30 00:29:00 00:29:30 00:30:00 00:30:30 00:31:00 00:31:30 00:32:00 00:32:30 00:33:00 00:33:30 00:34:00 00:34:30 00:35:00 00:35:30 00:36:00 00:36:30 00:37:00 00:37:30 00:38:00 00:38:30 00:39:00 00:39:30 00:40:00 00:40:30 00:41:00 00:41:30 00:42:00 00:42:30 00:43:00 00:43:30 00:44:00 00:44:30 00:45:00 00:45:30 00:46:00 00:46:30 00:47:00 00:47:30 00:48:00 00:48:30 00:49:00 00:49:30 00:50:00 00:50:30 00:51:00 00:51:30 00:52:00 00:52:30 00:53:00 00:53:30 00:54:00 00:54:30 00:55:00 00:55:30 00:56:00 00:56:30 00:57:00 00:57:30 00:58:00 00:58:30 00:59:00 00:59:30 01:00:00 01:00:30 01:01:00 01:01:30 01:02:00 01:02:30 01:03:00 01:03:30 01:04:00 01:04:30 01:05:00 01:05:30 01:06:00 01:06:30 01:07:00 01:07:30 01:08:00 01:08:30 01:09:00 01:09:30 01:10:00 01:10:30 01:11:00 01:11:30 01:12:00 01:12:30 01:13:00 01:13:30 01:14:00 01:14:30 01:15:00 01:15:30 01:16:00 01:16:30 01:17:00 01:17:30 01:18:00 01:18:30 01:19:00 01:19:30 01:20:00 01:20:30 01:21:00 01:21:30 01:22:00 01:22:30 01:23:00 01:23:30 01:24:00 01:24:30 01:25:00 01:25:30 01:26:00 01:26:30 01:27:00 01:27:30 01:28:00 01:28:30 01:29:00 01:29:30 01:30:00 01:30:30 01:31:00 01:31:30 01:32:00 01:32:30 01:33:00 01:33:30 01:34:00 01:34:30 01:35:00 01:35:30 01:36:00 01:36:30 01:37:00 01:37:30 01:38:00 01:38:30 01:39:00 01:39:30 01:40:00 01:40:30 01:41:00 01:41:30 01:42:00 01:42:30 01:43:00 01:43:30 01:44:00 01:44:30 01:45:00 01:45:30 01:46:00 01:46:30 01:47:00 01:47:30 01:48:00 01:48:30 01:49:00 01:49:30 01:50:00 01:50:30 01:51:00 01:51:30 01:52:00 01:52:30 01:53:00 01:53:30 01:54:00 01:54:30 01:55:00 01:55:30 01:56:00 01:56:30 01:57:00 01:57:30 01:58:00 01:58:30 01:59:00 01:59:30 02:00:00 02:00:30 02:01:00 02:01:30 02:02:00 02:02:30 02:03:00 02:03:30 02:04:00 02:04:30 02:05:00 02:05:30 02:06:00 02:06:30 02:07:00 02:07:30 02:08:00 02:08:30 02:09:00 02:09:30 02:10:00 02:10:30 02:11:00 02:11:30 02:12:00 02:12:30 02:13:00 02:13:30 02:14:00 02:14:30 02:15:00 02:15:30 02:16:00 02:16:30 02:17:00 02:17:30 02:18:00 02:18:30 02:19:00 02:19:30 02:20:00 02:20:30 02:21:00 02:21:30 02:22:00 02:22:30 02:23:00 02:23:30 02:24:00 02:24:30 02:25:00 02:25:30 02:26:00 02:26:30 02:27:00 02:27:30 02:28:00 02:28:30 02:29:00 02:29:30 02:30:00 02:30:30 02:31:00 02:31:30 02:32:00 02:32:30 02:33:00 02:33:30 02:34:00 02:34:30 02:35:00 02:35:30 02:36:00 02:36:30 02:37:00 02:37:30 02:38:00 02:38:30 02:39:00 02:39:30 02:40:00 02:40:30 02:41:00 02:41:30 02:42:00 02:42:30 02:43:00 02:43:30 02:44:00 02:44:30 02:45:00 02:45:30 02:46:00 02:46:30 02:47:00 02:47:30 02:48:00 02:48:30 02:49:00 02:49:30 02:50:00 02:50:30 02:51:00 02:51:30 02:52:00 02:52:30 02:53:00 02:53:30 02:54:00 02:54:30 02:55:00 02:55:30 02:56:00 02:56:30 02:57:00 02:57:30 02:58:00 02:58:30 02:59:00 02:59:30 03:00:00 03:00:30 03:01:00 03:01:30 03:02:00 03:02:30 03:03:00 03:03:30 03:04:00 03:04:30 03:05:00 03:05:30 03:06:00 03:06:30 03:07:00 03:07:30 03:08:00 03:08:30 03:09:00 03:09:30 03:10:00 03:10:30 03:11:00 03:11:30 03:12:00 03:12:30 03:13:00 03:13:30 03:14:00 03:14:30 03:15:00 03:15:30 03:16:00 03:16:30 03:17:00 03:17:30 03:18:00 03:18:30 03:19:00 03:19:30 03:20:00 03:20:30 03:21:00 03:21:30 03:22:00 03:22:30 03:23:00 03:23:30 03:24:00 03:24:30 03:25:00 03:25:30 03:26:00 03:26:30 03:27:00 03:27:30 03:28:00 03:28:30 03:29:00 03:29:30 03:30:00 03:30:30 03:31:00 03:31:30 03:32:00 03:32:30 03:33:00 03:33:30 03:34:00 03:34:30 03:35:00 03:35:30 03:36:00 03:36:30 03:37:00 03:37:30 03:38:00 03:38:30 03:39:00 03:39:30 03:40:00 03:40:30 03:41:00 03:41:30 03:42:00 03:42:30 03:43:00 03:43:30 03:44:00 03:44:30 03:45:00 03:45:30 03:46:00 03:46:30 03:47:00 03:47:30 03:48:00 03:48:30 03:49:00 03:49:30 03:50:00 03:50:30 03:51:00 03:51:30 03:52:00 03:52:30 03:53:00 03:53:30 03:54:00 03:54:30 03:55:00 03:55:30 03:56:00 03:56:30 03:57:00 03:57:30 03:58:00 03:58:30 03:59:00 03:59:30 04:00:00 04:00:30 04:01:00 04:01:30 04:02:00 04:02:30 04:03:00 04:03:30 04:04:00 04:04:30 04:05:00 04:05:30 04:06:00 04:06:30 04:07:00 04:07:30 04:08:00 04:08:30 04:09:00 04:09:30 04:10:00 04:10:30 04:11:00 04:11:30 04:12:00 04:12:30 04:13:00 04:13:30 04:14:00 04:14:30 04:15:00 04:15:30 04:16:00 04:16:30 04:17:00 04:17:30 04:18:00 04:18:30 04:19:00 04:19:30 04:20:00 04:20:30 04:21:00 04:21:30 04:22:00 04:22:30 04:23:00 04:23:30 04:24:00 04:24:30 04:25:00 04:25:30 04:26:00 04:26:30 04:27:00 04:27:30 04:28:00 04:28:30 04:29:00 04:29:30 04:30:00 04:30:30 04:31:00 04:31:30 04:32:00 04:32:30 04:33:00 04:33:30 04:34:00 04:34:30 04:35:00 04:35:30 04:36:00 04:36:30 04:37:00 04:37:30 04:38:00 04:38:30 04:39:00 04:39:30 04:40:00 04:40:30 04:41:00 04:41:30 04:42:00 04:42:30 04:43:00 04:43:30 04:44:00 04:44:30 04:45:00 04:45:30 04:46:00 04:46:30 04:47:00 04:47:30 04:48:00 04:48:30 04:49:00 04:49:30 04:50:00 04:50:30 04:51:00 04:51:30 04:52:00 04:52:30 04:53:00 04:53:30 04:54:00 04:54:30 04:55:00 04:55:30 04:56:00 04:56:30 04:57:00 04:57:30 04:58:00 04:58:30 04:59:00 04:59:30 05:00:00 05:00:30 05:01:00 05:01:30 05:02:00 05:02:30 05:03:00 05:03:30 05:04:00 05:04:30 05:05:00 05:05:30 05:06:00 05:06:30 05:07:00 05:07:30 05:08:00 05:08:30 05:09:00 05:09:30 05:10:00 05:10:30 05:11:00 05:11:30 05:12:00 05:12:30 05:13:00 05:13:30 05:14:00 05:14:30 05:15:00 05:15:30 05:16:00 05:16:30 05:17:00 05:17:30 05:18:00 05:18:30 05:19:00 05:19:30 05:20:00 05:20:30 05:21:00 05:21:30 05:22:00 05:22:30 05:23:00 05:23:30 05:24:00 05:24:30 05:25:00 05:25:30 05:26:00 05:26:30 05:27:00 05:27:30 05:28:00 05:28:30 05:29:00 05:29:30 05:30:00 05:30:30 05:31:00 05:31:30 05:32:00 05:32:30 05:33:00 05:33:30 05:34:00 05:34:30 05:35:00 05:35:30 05:36:00 05:36:30 05:37:00 05:37:30 05:38:00 05:38:30 05:39:00 05:39:30 05:40:00 05:40:30 05:41:00 05:41:30 05:42:00 05:42:30 05:43:00 05:43:30 05:44:00 05:44:30 05:45:00 05:45:30 05:46:00 05:46:30 05:47:00 05:47:30 05:48:00 05:48:30 05:49:00 05:49:30 05:50:00 05:50:30 05:51:00 05:51:30 05:52:00 05:52:30 05:53:00 05:53:30 05:54:00 05:54:30 05:55:00 05:55:30 05:56:00 05:56:30 05:57:00 05:57:30 05:58:00 05:58:30 05:59:00 05:59:30 06:00:00 06:00:30 06:01:00 06:01:30 06:02:00 06:02:30 06:03:00 06:03:30 06:04:00 06:04:30 06:05:00 06:05:30 06:06:00 06:06:30 06:07:00 06:07:30 06:08:00 06:08:30 06:09:00 06:09:30 06:10:00 06:10:30 06:11:00 06:11:30 06:12:00 06:12:30 06:13:00 06:13:30 06:14:00 06:14:30 06:15:00 06:15:30 06:16:00 06:16:30 06:17:00 06:17:30 06:18:00 06:18:30 06:19:00 06:19:30 06:20:00 06:20:30 06:21:00 06:21:30 06:22:00 06:22:30 06:23:00 06:23:30 06:24:00 06:24:30 06:25:00 06:25:30 06:26:00 06:26:30 06:27:00 06:27:30 06:28:00 06:28:30 06:29:00 06:29:30 06:30:00 06:30:30 06:31:00 06:31:30 06:32:00 06:32:30 06:33:00 06:33:30 06:34:00 06:34:30 06:35:00 06:35:30 06:36:00 06:36:30 06:37:00 06:37:30 06:38:00 06:38:30 06:39:00 06:39:30 06:40:00 06:40:30 06:41:00 06:41:30 06:42:00 06:42:30 06:43:00 06:43:30 06:44:00 06:44:30 06:45:00 06:45:30 06:46:00 06:46:30 06:47:00 06:47:30 06:48:00 06:48:30 06:49:00 06:49:30 06:50:00 06:50:30 06:51:00 06:51:30 06:52:00 06:52:30 06:53:00 06:53:30 06:54:00 06:54:30 06:55:00 06:55:30 06:56:00 06:56:30 06:57:00 06:57:30 06:58:00 06:58:30 06:59:00 06:59:30 07:00:00 07:00:30 07:01:00 07:01:30 07:02:00 07:02:30 07:03:00 07:03:30 07:04:00 07:04:30 07:05:00 07:05:30 07:06:00 07:06:30 07:07:00 07:07:30 07:08:00 07:08:30 07:09:00 07:09:30 07:10:00 07:10:30 07:11:00 07:11:30 07:12:00 07:12:30 07:13:00 07:13:30 07:14:00 07:14:30 07:15:00 07:15:30 07:16:00 07:16:30 07:17:00 07:17:30 07:18:00 07:18:30 07:19:00 07:19:30 07:20:00 07:20:30 07:21:00 07:21:30 07:22:00 07:22:30 07:23:00 07:23:30 07:24:00 07:24:30 07:25:00 07:25:30 07:26:00 07:26:30 07:27:00 07:27:30 07:28:00 07:28:30 07:29:00 07:29:30 07:30:00 07:30:30 07:31:00 07:31:30 07:32:00 07:32:30 07:33:00 07:33:30 07:34:00 07:34:30 07:35:00 07:35:30 07:36:00 07:36:30 07:37:00 07:37:30 07:38:00 07:38:30 07:39:00 07:39:30 07:40:00 07:40:30 07:41:00 07:41:30 07:42:00 07:42:30 07:43:00 07:43:30 07:44:00 07:44:30 07:45:00 07:45:30 07:46:00 07:46:30 07:47:00 07:47:30 07:48:00 07:48:30 07:49:00 07:49:30 07:50:00 07:50:30 07:51:00 07:51:30 07:52:00 07:52:30 07:53:00 07:53:30 07:54:00 07:54:30 07:55:00 07:55:30 07:56:00 07:56:30 07:57:00 07:57:30 07:58:00 07:58:30 07:59:00 07:59:30 08:00:00 08:00:30 08:01:00 08:01:30 08:02:00 08:02:30 08:03:00 08:03:30 08:04:00 08:04:30 08:05:00 08:05:30 08:06:00 08:06:30 08:07:00 08:07:30 08:08:00 08:08:30 08:09:00 08:09:30 08:10:00 08:10:30 08:11:00 08:11:30 08:12:00 08:12:30 08:13:00 08:13:30 08:14:00 08:14:30 08:15:00 08:15:30 08:16:00 08:16:30 08:17:00 08:17:30 08:18:00 08:18:30 08:19:00 08:19:30 08:20:00 08:20:30 08:21:00 08:21:30 08:22:00 08:22:30 08:23:00 08:23:30 08:24:00 08:24:30 08:25:00 08:25:30 08:26:00 08:26:30 08:27:00 08:27:30 08:28:00 08:28:30 08:29:00 08:29:30 08:30:00 08:30:30 08:31:00 08:31:30 08:32:00 08:32:30 08:33:00 08:33:30 08:34:00 08:34:30 08:35:00 08:35:30 08:36:00 08:36:30 08:37:00 08:37:30 08:38:00 08:38:30 08:39:00 08:39:30 08:40:00 08:40:30 08:41:00 08:41:30 08:42:00 08:42:30 08:43:00 08:43:30 08:44:00 08:44:30 08:45:00 08:45:30 08:46:00 08:46:30 08:47:00 08:47:30 08:48:00 08:48:30 08:49:00 08:49:30 08:50:00 08:50:30 08:51:00 08:51:30 08:52:00 08:52:30 08:53:00 08:53:30 08:54:00 08:54:30 08:55:00 08:55:30 08:56:00 08:56:30 08:57:00 08:57:30 08:58:00 08:58:30 08:59:00 08:59:30 09:00:00 09:00:30 09:01:00 09:01:30 09:02:00 09:02:30 09:03:00 09:03:30 09:04:00 09:04:30 09:05:00 09:05:30 09:06:00 09:06:30 09:07:00 09:07:30 09:08:00 09:08:30 09:09:00 09:09:30 09:10:00 09:10:30 09:11:00 09:11:30 09:12:00 09:12:30 09:13:00 09:13:30 09:14:00 09:14:30 09:15:00 09:15:30 09:16:00 09:16:30 09:17:00 09:17:30 09:18:00 09:18:30 09:19:00 09:19:30 09:20:00 09:20:30 09:21:00 09:21:30 09:22:00 09:22:30 09:23:00 09:23:30 09:24:00 09:24:30 09:25:00 09:25:30 09:26:00 09:26:30 09:27:00 09:27:30 09:28:00 09:28:30 09:29:00 09:29:30 09:30:00 09:30:30 09:31:00 09:31:30 09:32:00 09:32:30 09:33:00 09:33:30 09:34:00 09:34:30 09:35:00 09:35:30 09:36:00 09:36:30 09:37:00 09:37:30 09:38:00 09:38:30 09:39:00 09:39:30 09:40:00 09:40:30 09:41:00 09:41:30 09:42:00 09:42:30 09:43:00 09:4

Explicación científica escolar rec - ATLAS.ti

Proyecto Edición Documentos Citas Códigos Memos Redes Análisis Herramientas Visualizaciones Ventanas Ayuda

DPs: P159: E1 Citas Códigos *Astará Memo

P159: Eleccion de tema Gladys.mp3

P160: Transcripción Eleccion de tema Gladys

01 (entonces la intención que buscamos aquí es comprender, que los estudiantes comprendan, porque en la explicación, en el ciclo eso significa que el profesor comunica algo, pero esta comunicación tiene sentido cuando el estudiante comprende lo que tú dices, porque si no comprende significa que no se explica, en el libro tu viste que Faraday maneja lo que es Observación, maneja Cuestionamientos, porque hay varias preguntas, maneja la parte de Experimentación y al final viene la parte de estudio, eso sería más o menos lo que aplicaríamos, y de lo que me estas diciendo, la intención que hace que los estudiantes comprendan el por qué de la brillantez de la llama, cuál es la influencia del oxígeno en la combustión y por qué produce agua?)

02 ¿¿ (si tuvieras que formular una pregunta de contenido cuál sería?) que abarque todo eso? (no, la pregunta general para la clase, una pregunta de contenido no es solo preguntar qué? qué es la combustión? la pregunta debe ser instrumental, cuáles, la puedes hacer directa...) cuáles son los elementos que se necesitan para la combustión?

03 o cuáles son las sustancias que determinan el proceso de combustión? (o puede ser cómo... obtienes agua de una vela? tenemos que pensar en una idea que abarque varios)

04 ¿cómo se obtiene el agua de una vela? porque para llegar a este tiene que haber pasado por varios procesos (entonces de esta pregunta derivamos todas, ahí tenemos que pensar cómo hacer para identificar los saberes previos)

05 podemos hacer por grupitos, se les hace preguntas, ellos contestan en un papelito, ellos lo pagan en el tablero, y lo sustentan, y entre los compañeros ellos dicen cuál es la más adecuada, como una lluvia de ideas,

06 (ahí podríamos pedirles que los estudiantes digan lo que saben con respecto a la combustión) claro, ahí cada uno va a leer y van a haber cosas que coincidan (esos son saberes previos) claro, (después de eso nos iniamos a la parte de estructuración de la explicación en cuanto a estructuración esta parte ya está sacada el caso histórico, los hechos relevantes tendría que sacárselo, y los saque con esquema, yo los saque y lo los reduces) yo te envíe en un word lo de las conferencias uno y dos, (si las proposiciones, eso significa que cuando vas a explicar tú emites oraciones, y esas oraciones son verdades, por ejemplo, la vela es una cera sólida... eso es una

07

Click panel para fijar reproducción/pausa

P159: Eleccion de tema Gladys.mp3 -> Mi biblioteca

Tamaño: 1 Audio Predeterminado

Explicación científica escolar rec - ATLAS.ti

Proyecto Edición Documentos Citas Códigos Memos Redes Análisis Herramientas Visualizaciones Ventanas Ayuda

DPs: P160: E1 Citas Códigos *hidróxi Memo

P160: Eleccion de tema Holguer 1.mp3

P160: Eleccion de tema Holguer 1.mp3

Click panel para fijar reproducción/pausa

P160: Eleccion de tema Holguer 1.mp3 -> Mi biblioteca

Tamaño: 1 Audio Predeterminado

Faraday

ES Referentes teóricos--

Combustión--

reacción química

EC Intencion--

EC Preguntas contenido--

EC Preguntas contenido--

Ecuación--

combustible-- # juvenes-- # respiración-- # vapor de agua--

TE Inferencia--

ES Esquema--

ES Estrategias aplicacion--

EC Preguntas contenido--

EC Saberes previos--

Explicación científica escolar rec - ATLAS.ti

Proyecto Edición Documentos Citas Códigos Memos Redes Análisis Herramientas Visualizaciones Ventanas Ayuda

DPs P161: Ei Citas Códigos hidróxi Memo

P161: Eleccion de tema Holguer 2.mp3

P161: Eleccion de tema Holguer 2.mp3

MP3

P161: Eleccion de tema Holguer 2.mp3

TE Escribir--

EME Repaso--

ES Recursos--

ES Proposiciones--

ES Proposiciones--

ES Proposiciones--

EME Repaso--

EC Saberes previos--

Combustión-- proceso químico

Ecuación-- productos reacción química

ES Esquema--

P161: Eleccion de tema Holguer 2.mp3 -> Mi biblioteca

Tamaño: 1 Audio Predeterminado

Explicación científica escolar rec - ATLAS.ti

Proyecto Edición Documentos Citas Códigos Memos Redes Análisis Herramientas Visualizaciones Ventanas Ayuda

DPs P162: Ei Citas 162.8 Ei Códigos hidróxi Memo

P162: Eleccion de tema Holguer 3.mp3

P162: Eleccion de tema Holguer 3.mp3

MP3

P162: Eleccion de tema Holguer 3.mp3

ES Estrategias aplicacion-- experimento--

ES Proposiciones-- Observación directa--

Interés--

Jovenes--

Mediación Ciencia-Cotidianidad--

Explicacion cient escolar--

Historia de la ciencia--

hidróxido de calcio--

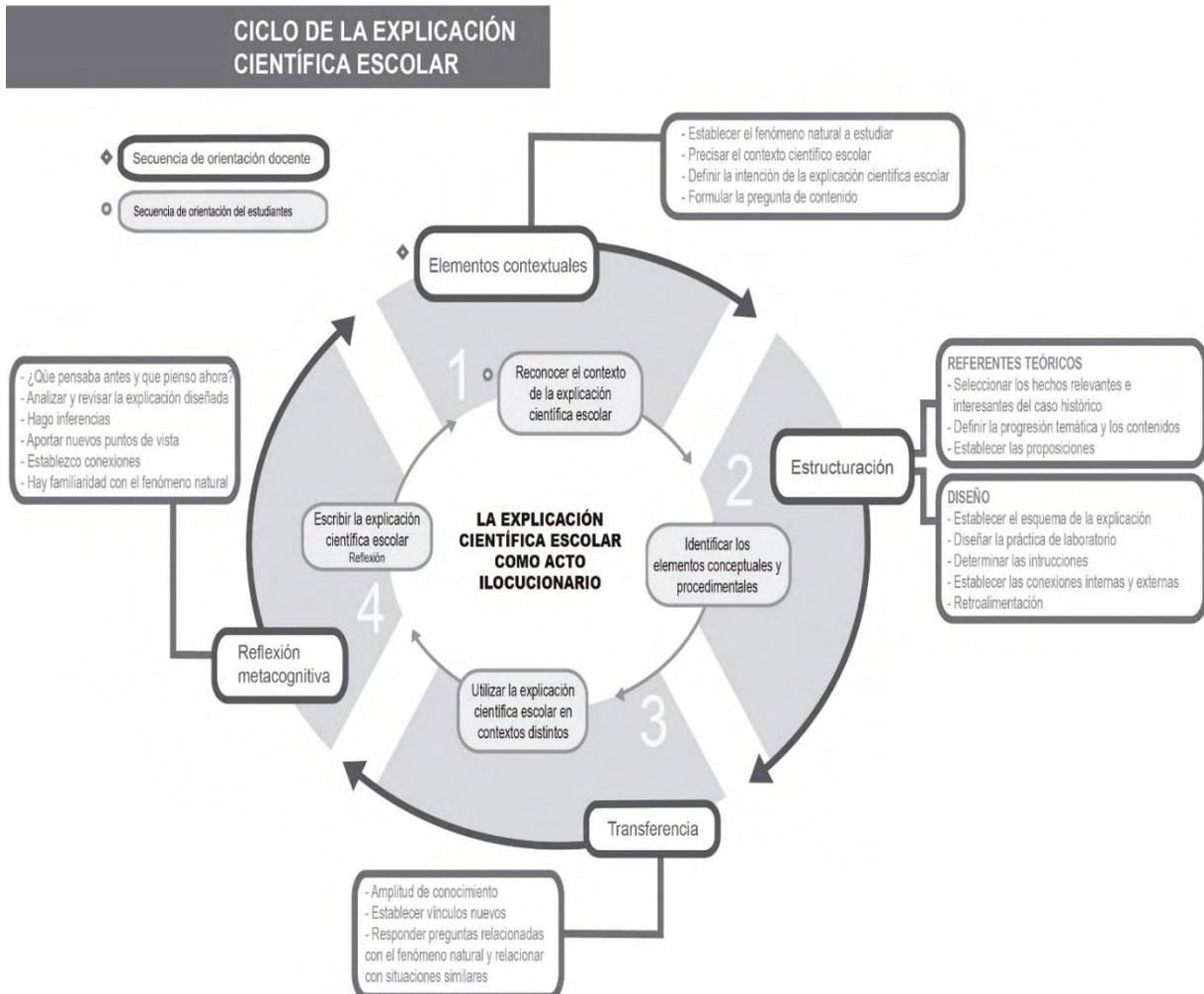
ES Progresion--

Clic panel para fijar reproducir/pausa

Guardado como: E:\DATOS C:\USUARIO\IMAGENES\transcripción nayibe\Explicación científica escolar rec.hp7

Tamaño: 1 Audio Predeterminado

Anexo 11. Estrategia de formación docente



Anexo 12. Diseño de la explicación

A. La combustión y la respiración: procesos análogos

Docente: Edith Pantoja C.
Grado: sexto

1. ELEMENTOS CONTEXTUALES

La combustión y la respiración: procesos análogos

Intención
Comprender la combustión de una vela y la respiración en el hombre como procesos análogos.
Identificar los productos de la combustión de una vela y la respiración en el hombre.

Objetivo
Explorar conocimientos previos de los estudiantes sobre la naturaleza del proceso de respiración y el fenómeno de combustión de una vela.

Resumen
El diseño de la explicación propuesto, pretende desarrollar actividades para promover en los estudiantes la observación y el cuestionamiento sobre el fenómeno de combustión de una vela y el proceso de respiración en el hombre. Se plantea una secuencia explicativa fundamentada en un caso histórico a partir del cual los estudiantes puedan establecer la relación análoga entre combustión y respiración.

Debo explicarlos, de la forma más breve posible, en que consiste este proceso. Consumimos comida, el alimento pasa a través de ese extraño conjunto de vasos y órganos de nuestro interior y es transportado hasta las diferentes partes del sistema, especialmente a las partes digestivas. Por otro lado, la parte que se encuentra ya transformada a través de nuestros pulmones por ese conjunto de vasos, de forma que el aire y el alimento pasen a estar muy cerca, separados únicamente por una superficie sumamente delgada. (Faraday, 1861, p.149)

Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espera del estudiante?
Preguntas motivadoras	¿Por qué y para qué se alimenta? ¿Qué siente después de comer? ¿Qué siente cuando no come? ¿Cómo y para qué se respira? En los cumpleaños se encienden velas (¿para qué?) ¿Cuáles son las condiciones para que una vela se encienda?	El estudiante expresa sus ideas con respecto al proceso de respiración y combustión de una vela.
Experimento 1: la combustión de la vela	Se le presenta al estudiante una vela encendida dentro de un tubo con un tubo de cristal en el extremo por el cual entra aire y una abertura en la parte superior de manera que pueda circular el aire. ¿Qué alimenta la llama? ¿Qué sucede si tapo la abertura superior del tubo? ¿Qué sucede si tapo los dos orificios? ¿Por qué?	Que explique la necesidad de la presencia del oxígeno en el proceso de combustión de una vela.

2. ESTRUCTURACIÓN

Caso histórico:
reconstrucción de un texto histórico: "la historia química de una vela" Michael Faraday, en donde se destaca el papel de la observación, el cuestionamiento, la experimentación y el uso de instrumentos científicos en la explicación científica.

Hechos relevantes

- a) La razón por la que realizo el experimento de esta forma es solamente porque puedo hacer que los pasos de nuestra demostración sean tan sencillos que, si prestáis atención, ni por un momento podéis perder el hilo.
- b) En cada uno de nosotros se da un proceso viviente de combustión que funciona de una manera muy similar al de una vela, y debo intentar hacerlos más evidente, ya que la relación entre la vida de una persona y una cerilla no solo se da en un sentido poético.
- c) La naturaleza de mi respiración es de tal manera que la vela no puede arder en ella.
- d) Mis pulmones han retenido el oxígeno del aire y no quedo más para proporcionar combustible a la vela.
- e) Observas, primero extraigo el aire y después lo echo de nuevo, tal y como es evidente por el ascenso y descenso del agua. Ahora, colocando una cirilla dentro del aire, veréis en que estado se encuentra si se extingue la llama.
- f) Hemos visto lo malo que pasa a ser el aire con solo una respiración, por lo que fácilmente podéis entender lo esencial que nos resulta el aire fresco.
- g) Ahora empezio a entender que la atmósfera que hemos estropeado con la respiración se vicia por culpa del ácido carbónico, que veis aquí en contacto con el agua de cal.
- h) ¿En qué consiste este proceso que se produce dentro de nosotros, sin el que no podemos vivir, ya que sea de día de noche, que nos ha sido proporcionado así por el auxilio de todas las cosas de tal manera que sea independiente de nuestra voluntad?
- i) Si continuáramos nuestra respiración indefinidamente, tal y como podemos hacer hasta cierto punto, nos destruiríamos.
- j) El aire puede actuar sobre la sangre, produciendo precisamente el mismo tipo de resultados que hemos visto en el caso de la vela. La vela se combina con partes de aire formando ácido carbónico y produciendo calor, de la misma manera que en los pulmones se produce esta curiosa y maravillosa transformación.
- k) Podemos considerar el alimento como un combustible.
- l) Todos los animales de sangre caliente mantienen su temperatura corporal de este modo, mediante la conversión de carbono en un estado libre sino combinado. Esto nos proporciona una idea extraordinaria de los cambios que se desarrollan en nuestra atmósfera.
- m) Es maravilloso el descubrir que la transformación producida por la respiración, que parece tan dañina para nosotros (ya que no podemos respirar el aire dos veces), proporciona vida y es el sostén de las plantas y vegetales que crecen sobre la superficie de la tierra.
- n) Los peces y otros animales respiran gracias al mismo principio, aunque no exactamente por el contacto con el aire.
- o) Lo que para uno es la enfermedad para el otro es la salud.
- p) En los pulmones, tan pronto como el aire entra, se asocia con el carbono, incluso a la temperatura más baja que el cuerpo puede soportar sin quedarse congelado, la reacción empieza desde el instante, produciendo el ácido carbónico de la respiración, y todo se desarrolla de manera conveniente y apropiada.

Hilo conductor histórico del concepto
En cada uno de nosotros se da un proceso viviente de combustión que funciona de una manera muy similar al de una vela.

2. ESTRUCTURACIÓN

Caso histórico:

reconstrucción de un texto histórico: "la historia química de una vela" Michael Faraday, en donde se destaca el papel de la observación, el cuestionamiento, la experimentación y el uso de instrumentos científicos en la explicación científica.

Hechos relevantes

- | | | | |
|----|---|----|--|
| a) | La razón por la que realizo el experimento de esta forma es solamente por que puedo hacer que los pasos de nuestra demostración sean tan sencillos que, si prestáis atención, ni por un momento podéis perder el hilo. | i) | Si continuáramos nuestra respiración indefinidamente, tal y como podemos hacer hasta cierto punto, nos destruiríamos. |
| b) | En cada uno de nosotros se da un proceso viviente de combustión que funciona de una manera muy similar al de una vela, y debo intentar haceroslo más evidente, ya que la relación entre la vida de una persona y una cerilla no solo se da en un sentido poético. | j) | El aire puede actuar sobre la sangre, produciendo precisamente el mismo tipo de resultados que hemos visto en el caso de la vela. La vela se combina con partes de aire formando ácido carbónico y produciendo calor, de la misma manera que en los pulmones se produce esta curiosa y maravillosa transformación. |
| c) | La naturaleza de mi respiración es de tal manera que la vela no puede arder en ella. | k) | Podemos considerar el alimento como un combustible. |
| d) | Mis pulmones han retenido el oxígeno del aire y no quedo más para proporcionar combustión a la vela. | l) | Todos los animales de sangre caliente mantienen su temperatura corporal de este modo, mediante la conversión de carbono no en un estado libre sino combinado. Esto nos proporciona una idea extraordinaria de los cambios que se desarrollan en nuestra atmósfera. |
| e) | Observas, primero extraigo el aire y después lo echo de nuevo, tal y como es evidente por el ascenso y descenso del agua. Ahora, colocando una cerilla dentro del aire, veréis en que estado se encuentra si se extingue la llama. | m) | Es maravilloso el descubrir que la transformación producida por la respiración, que parece tan dañina para nosotros (ya que no podemos respirar el aire dos veces), proporciona vida y es el sostén de las plantas y vegetales que crecen sobre la superficie de la tierra. |
| f) | Hemos visto lo malo que pasa a ser el aire con solo una respiración, por lo que fácilmente podéis entender lo esencial que nos resulta el aire fresco. | n) | Los peces y otros animales respiran gracias al mismo principio, aunque no exactamente por el contacto con el aire. |
| g) | Ahora empezáis a entender que la atmósfera que hemos estropeado con la respiración se vicia por culpa del ácido carbónico, que veis aquí en contacto con el agua de cal. | o) | Lo que para uno es la enfermedad para el otro es la salud. |
| h) | ¿En qué consiste este proceso que se produce dentro de nosotros, sin el que no podemos vivir, ya que sea de día de noche, que nos ha sido proporcionado así por el autor de todas las cosas de tal manera que sea independiente de nuestra voluntad? | p) | En los pulmones, tan pronto como el aire entra, se asocia con el carbono. Incluso a la temperatura más baja que el cuerpo puede soportar sin quedarse congelado, la reacción empieza desde el instante, produciendo el ácido carbónico de la respiración, y todo se desarrolla de manera conveniente y apropiada. |

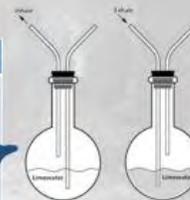
Hilo conductor histórico del concepto

En cada uno de nosotros se da un proceso viviente de combustión que funciona de una manera muy similar al de una vela.

Diseño de actividades



Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espere del estudiante?
Experimento 1: Agua de cal	Inhale a través del tubo corto. ¿Qué sucede con el agua de cal? Exhale a través del tubo largo. ¿Qué sucede con el agua de cal? ¿Por qué? ¿Qué le sucederá a la atmósfera por la presencia de este gas que exhalamos de la respiración? ¿En qué consiste este proceso que se produce dentro de nosotros?	El estudiante explica la presencia del dióxido de carbono en la respiración
Experimento 2: obtención del oxígeno (práctica demostrativa)	Observe atentamente a la profesora y explique ¿Qué sucede cuando se acerca la astilla incandescente al gas que se desprende del tubo de ensayo?	El estudiante elabora hipótesis sobre la importancia del oxígeno en el fenómeno de la combustión.
Experimento 3: combustión de la vela	Enciende la vela. Observe y explique. ¿Qué necesita la vela para mantenerse encendida? ¿Qué hace la vela a la atmósfera? ¿El oxígeno y el dióxido de carbono presentes en la combustión de la vela son los mismos gases presentes en la respiración?. Si o No. ¿Por qué?	El estudiante reconoce la presencia del oxígeno y del dióxido de carbono en la combustión de la vela.
Experimento 4: deshidratación del azúcar (práctica demostrativa)	Observamos con atención la práctica que realiza la profesora: En un vaso de precipitados de 300 ml se introducen 30 gramos de azúcar. A continuación se adiciona 10 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se mezcla con una varilla de vidrio y esperamos unos segundos. ¿De dónde sale esa masa negra? ¿Qué contiene? ¿Qué es el azúcar para nosotros? ¿En dónde esta presente?	Relacionar el azúcar con los alimentos que son el combustible.



Actividades de retroalimentación

Lea de manera atenta el siguiente texto:

"Vamos ahora un poco más lejos. Que es todo este proceso que se desarrolla dentro de nosotros, si el que no podemos vivir, ya sea de día o de noche, que así lo prevé el autor de todas las cosas que Él ha dispuesto que sea independiente de toda voluntad? Si restringimos nuestra respiración, como podemos hasta cierto punto, nos destruiríamos a nosotros mismos. Cuando estamos dormido, los órganos de la respiración y las partes que están asociados con ellos, siguen adelante con su acción tan necesaria es este proceso de la respiración. Este contacto del aire con los pulmones. Debo explicarlos, de la manera más breve posible, en qué consiste este proceso. Nosotros consumimos alimentos, el alimento pasa por ese extraño conjunto de vasos y órganos de nuestro interior y es transportado hasta las diferentes partes del sistema, especialmente a las partes digestiva. Por otro lado, la parte que se encuentra ya transformada es transportada a través de nuestros pulmones por un conjunto de vasos, de forma que el aire y el alimento pasan a estar muy cerca, separados únicamente por una superficie sumamente delgada. Gracias a este proceso, el aire puede actuar sobre la sangre, produciendo precisamente el mismo tipo de resultados que hemos visto en el caso de las velas. La vela se combina con partes de aire formando ácido carbónico y produciendo calor, de la misma manera que en los pulmones se produce esta curiosa u maravillosa transformación. El aire entrante se combina con el carbono (no es carbono en estado libre, sino dispuesto para reaccionar inmediatamente) y produce ácido carbónico que se lanza a la atmósfera. Es así como de produce este singular resultado: podemos considerar al alimento como el combustible."

(Faraday, 1861, p.149)

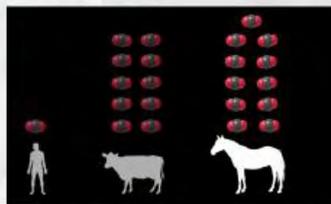
Luego de leer el texto, responda en grupo las siguientes preguntas:

- ¿A que se refiere Faraday cuando dice: El ha dispuesto que sea independiente de toda voluntad?
- De acuerdo con Faraday, ¿En qué consiste el proceso de respiración?
- Como explicarias gráficamente la relación entre la combustión de una vela y la respiración en el hombre

3. TRANSFERENCIA

Resolución de problemas

De acuerdo con la imagen
¿Quién produce más dióxido de carbono? ¿Por qué? ¿A dónde va a parar todo el dióxido de carbono que se produce en la respiración y en la combustión? ¿Qué cambios puede producir en la atmósfera? ¿Cómo se da el equilibrio? ¿Qué gas respiran las plantas?



Reflexiones sobre La aplicación

Referencias bibliográficas

Faraday, M. (1862) *Historia química de una vela*. Título original "The chemical history of a candle". Traducción de Guillan Rojas Acha y Jesús Fernández. Nivola libros y ediciones. 2014.

Actividades de Inferencia

Si la respiración es un tipo de combustión viva
¿Por qué NO nos quemamos?

Evaluación

Realice un gráfico comparativo entre el fenómeno de combustión de una vela y el proceso de respiración en el hombre.

4. REFLEXIÓN METACOGNITIVA

Reflexión

¿Cuál es la importancia de lo aprendido en el tema explicado?
 ¿Qué actividades te llamaron más la atención? ¿Por qué?

Asociaciones

Estructure una secuencia utilizando las como guía las palabras que aparecen en los recuadros; utilice los conectores que considere necesarios.

Respiración

Combustión

Oxígeno

Dióxido de Carbono

Combustible

Alimentos

ATP

Energía

Inhalación

Exhalación

Llama

Metabolismo

INSTITUCIÓN EDUCATIVA MUNICIPAL LIBERTAD
 ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL
 DISEÑO DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL
 Docente: LUIS VILLANO
 Grado sexto

Elementos contextuales - Práctica

La combustión y la respiración: procesos análogos

Integrantes del grupo

Intención:
 Comprender la combustión de una vela y la respiración en el hombre como procesos análogos.
 Identificar los productos de la combustión de una vela y la respiración en el hombre.

Materiales y Reactivos

- Una vela (de unos 10 cm de largo) que no haya sido encendida.
- Una caja de fósforos.
- Un Beaker de 500 ml
- Un embudo de cristal
- Una lámpara de fondo plano
- Un tubo de ensayo con desprendimiento
- Manguera
- Soporte universal
- Una placa doble
- Una varilla de vidrio
- Un conito
- Azúcar
- Ácido sulfúrico concentrado
- Cloruro de potasio

Saberes Previos

1. En grupos de 3 estudiantes responda las siguientes preguntas:

¿Por qué y para qué se alimenta? _____

¿Qué siente después de comer? ¿Qué siente cuando no come? _____

¿Cómo y para qué se respira? _____

En los cumpleaños se encienden velas ¿para qué? ¿Cuáles son las condiciones para que una vela se encienda? _____

B. Clase: Acción de las corrientes de convección en la forma de la llama

Docente: Federico Ruales.
Grado: décimo

Acción de las corrientes de convección en la forma de la llama

1. ELEMENTOS CONTEXTUALES

Intención
Comprender la acción de las corrientes de convección y la fuerza de la gravedad en la forma de la llama.

Objetivo
Explorar conocimientos previos de los estudiantes sobre la noción de las corrientes de convección.

Resumen
El diseño de la explicación propuesta, pretende desarrollar actividades para promover en los estudiantes la observación y el cuestionamiento sobre la acción de las corrientes de convección y la fuerza de gravedad en la forma de la llama como consecuencia de la transferencia de calor. Se plantea una secuencia explicativa fundamentada en un caso histórico a partir del cual los estudiantes puedan establecer explicaciones sobre el fenómeno estudiado.

IDENTIFICACIÓN DE SABERES PREVIOS

Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espera del estudiante?
Experimento 1: observación de la llama	Se les pide a los estudiantes que enciendan una vela y observen la forma de llama. <ul style="list-style-type: none"> ¿Qué forma tiene la llama? ¿Por qué tiene esta forma? ¿Cómo podríamos cambiar la forma de la llama? ¿Qué hace que la llama se mueva? 	El estudiante formula hipótesis sobre la forma de la llama

Cuando el aire llega a la vela, se mueve hacia arriba por la fuerza de la corriente que produce el calor de la vela, y así enfría todos los lados de la cera, el sebo a el combustible para mantener el borde mucho más frío que la parte interior; la parte dentro se funde por la llama que corre por la mecha hasta donde puede ir antes de que se extinga, pero la parte en el exterior no se derrite.
(Faraday, 1982 p.9)

2. ESTRUCTURACIÓN

Caso histórico:
Historia química de una vela: Michael Faraday, a partir del cual se pretende recrear situaciones y experimentos descritos en el texto con el fin de facilitar la comprensión de los fenómenos naturales que intervienen en la forma de la llama.

Hechos relevantes

- Tenemos en esta sala un buen flujo de aire, cosa que nos ayudará en algunos ejemplos y nos molestará en otros; debido a ello, para conseguir cierta regularidad y simplificar el problema, procuraré mantener una llama tranquila, pues de otra forma ¿Quién puede estudiar un tema si se encuentra dificultades por el camino ajenas al mismo?
- Colocan un tubo de cristal alrededor de la vela como si fuera una lámpara, apoyando en una especie de zócalo, que lo sujeta y puede deslizarse hacia arriba o hacia abajo cuando se quiera. Usando de igual manera este tubo de cristal que tenemos aquí obtenéis una llama estable, que podéis observar y examinar cuidadosamente, tal y como espero que haréis en casa.
- Podéis ver en primera instancia, que (tras arder un rato) en la vela se forma algo similar a una copa. A medida que el aire llega a la vela, se desliza hacia arriba, en el sentido de la corriente que el calor de la vela produce, y enfría todo el contorno de la cera, el sebo o el combustible, hasta hacer que el borde se mantenga más frío que el centro.
- La zona interior va derriéndose con la llama que va bajando por la mecha hasta donde puede antes de que se apague pero el borde no se derrite.
- Si yo provocara una corriente en un sentido, mi copa quedaría inclinada, y en consecuencia el líquido escaparía, pues la misma fuerza de gravedad que mantiene unidos a los mundos mantendría a ese líquido en una posición horizontal, por supuesto el líquido se escaparía formando un goterón.
- Podéis ver, por lo tanto, que la copa se forma por esta bella corriente de aire regular ascendente, moviéndose hacia todos los lados, que mantiene frío al contorno de la vela.
- Si quisiera encender estas preciosas velas que os enseñado, que son irregulares con contornos intermitentes, y que por lo tanto no pueden formar esa copa de bonita forma que es la más hermosa de una vela.
- Espero que hayáis fijado en que la perfección del proceso es decir, su utilidad, es el aspecto que le confiere mayor belleza.
- No es la cosa más atractiva sino la que mejor funciona, la que resulta más ventajosa para nosotros. Esta vela tan bonita es una vela que arde mal. Tendrá goterones a su alrededor por la irregularidad del flujo de aire y la mala estructura de la copa que se forme.
- Podrías observar algunos ejemplos interesantes (y confío en que repararéis en estos casos) acerca de la acción de la corriente ascendente cuando un pequeño goterón desciende por el costado de una vela, haciéndola más gruesa de lo que cualquier otra parte. Según la vela va ardiendo, el goterón mantiene su posición y forma un pequeño pilar adosado a un lado, porque, a medida de que se eleva por encima del resto de la cera u otro combustible, el aire llega mejor a su alrededor y se conserva más frío y mejor preparado para resistir la acción del calor a corta distancia.
- Siempre recordaréis que cuando aparezca cualquier resultado, especialmente si es novedoso, deberéis preguntar: ¿Cuál es la causa? ¿Por qué ocurre? Y, con el curso del tiempo, hallaréis la respuesta.

Hilo conductor histórico del concepto
El calor de la llama funde la cera por radiación y convección, la acción capilar extrae la cera por la mecha, la cera fundida se vaporiza, las reacciones químicas producen la llama, las partículas de carbón sólido calentadas resplandecen y las corrientes de la convección barren los productos de la combustión.

Proposiciones

¿Cómo actúan las corrientes de convección en la forma de la llama?

La convección es el mecanismo que se produce en los fluidos cuando el calor es transportado desde zonas de mayor temperatura a zonas de menor, debido a los cambios de densidad de los materiales.

La transferencia de energía comienza cuando una porción de materia se calienta y al dilatarse, asciende desde los puntos más calientes a los más fríos.

Las corrientes de convección se deben al movimiento de partículas con carga positiva o negativa en el vacío.

La transferencia de calor por corrientes de convección en un líquido o en un gas, está asociada con cambios de presión.

Progresión temática

Tema: acción de las corrientes de convección en la forma de la llama

Subtemas

- Calor
- Transferencia de calor
- Concepto de corrientes de convección
- Concepto de gravedad
- Concepto de densidad



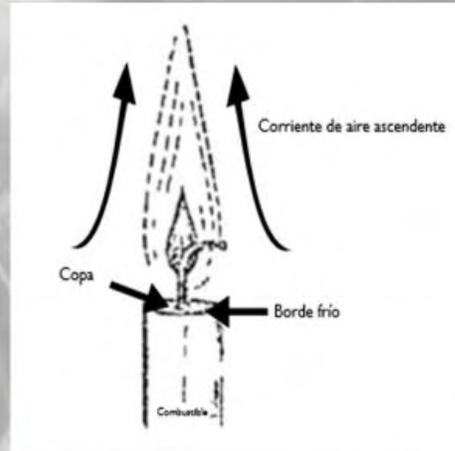
Diseño de actividades

Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espera del estudiante?
Experimento 1: suspensión de agua en un globo	¿Qué forma tiene el globo lleno de agua? ¿Por qué el agua se va al fondo del globo? ¿Qué fuerzas actúan para que suceda este fenómeno?	El estudiante elabora explicaciones sobre la forma del globo lleno de agua y establece comparaciones con la forma de la llama
Experimento 2: corrientes de convección en el agua	¿Qué sucede con el agua caliente y coloreada del vaso 1?. ¿Hacia dónde se dirige? ¿Por qué? Elabore un gráfico que represente la situación observada	El estudiante elabora hipótesis sobre las corrientes de convección en el agua y su desplazamiento
Experimento 3: corrientes de convección en el aire	¿Qué función tiene la vela? ¿Qué sucede con la espiral? ¿Por qué? Coloca a una distancia prudente y con mucho cuidado tu mano sobre la vela. Espera un momento y explica ¿Qué sientes? y ¿Por qué?	Relaciona el movimiento de la espiral con las corrientes de convección
Experimento 4: velas misteriosas	¿Qué sucede con las velas? ¿Cuál se apaga primero? ¿Por qué? ¿En que dirección se consume el oxígeno? ¿Qué gas ocupa el frasco?	Relaciona el consumo de oxígeno y la densidad
Experimento 5: el humo que no asciende	¿Por qué el humo se dirige hacia abajo y no hacia arriba?	El estudiante explica la acción de las corrientes de convección en el ascenso del humo



Actividades de retroalimentación

A continuación se presenta un esquema que representa la forma de la llama en la tierra. Realice una representación gráfica de la forma de la llama en microgravedad. Explique ¿por qué tendría esa forma?



3. TRANSFERENCIA

Resolución de problemas

Un globo aerostático funciona gracias a la diferencia de densidad del aire dentro del globo con respecto a la densidad del aire exterior. ¿Cuál es la función del quemador del globo aerostático? ¿Qué ocasiona su elevación?



Reflexiones sobre la aplicación

Actividades de Inferencia

Observe el video:
<https://goo.gl/rSuDF#>
(Enlace corto)

Y explique: ¿son posibles las escenas que se presentan en la película star wars. El regreso de Jedi? Justifique su respuesta.

Evaluación

Explique cuál es la acción de las corrientes de convección y la fuerza de gravedad en la forma de la llama.

Referencias bibliográficas

Faraday, M. (1862) *Historia química de una vela*. Título original "The chemical history of a candle". Traducción de Guillen Rojas Achan y Jesús Fernández. Nivala libros y ediciones. 2014.

Reflexión

¿Cuál es la importancia de lo aprendido en el tema explicado?
¿Qué actividades te llamaron más la atención? ¿Por qué?

C. Clase: El fenómeno de la combustión como cambio químico

Docente: Gladys Zambrano.
Grado: décimo

1. ELEMENTOS CONTEXTUALES

El fenómeno de la combustión como cambio químico

Intención
Comprender el fenómeno de la combustión desde el concepto de cambio químico.
Explicar los productos que se obtienen de la combustión de una vela.

Pregunta de contenido
¿Cómo se obtiene el agua de la vela?

Objetivo
Explorar los conocimientos previos de los estudiantes sobre la noción de combustión.

Resumen
El diseño de la explicación propuesta, pretende desarrollar actividades para promover en los estudiantes la comprensión del fenómeno de la combustión de una vela como un cambio químico, en el cual se obtienen diferentes productos (CO_2 , H_2O , y energía). Se plantea una secuencia explicativa fundamentada en un la conferencia del libro historia química de una vela titulada: la vela: la brillantez de las llamas. El aire necesario para la combustión. La producción de agua.

Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espera del estudiante?
Cuestionario No- 1	Conformación de grupos de trabajo de 3 estudiantes para desarrollar la siguiente pregunta: — Explique ¿qué aspectos conocen sobre el fenómeno de la combustión? — Socialice sus ideas en una lluvia de ideas — Elabore una idea principal sobre el fenómeno de la combustión a partir de la socialización	El estudiante hace explícitas sus ideas con respecto al fenómeno de combustión

*... porque para entender completamente lo que sucede en una vela, lo que se produce a pequeña escala en ella debemos, como filósofos si es necesario, reproducirlo a una escala mayor para que podamos examinar sus diferentes partes.
(Faraday, 1961 p.47)*

2. ESTRUCTURACIÓN

Caso histórico:
Historia química de una vela: Michael Faraday, a partir del cual se pretende recrear situaciones y experimentos descritos en la conferencia número II. La vela: la brillantez de las llamas. El aire necesario para la combustión. La producción de agua, con el fin de comprender los productos que se obtienen de la combustión de una vela.

Hechos relevantes

- El proceso de la combustión
- Los combustibles y el comburente
- La parafina como combustible.
- El aporte químico del aire en la combustión
- La luz y el calor como producto de la combustión.
- Partes de la llama y desviación de acuerdo a dirección del viento
- Nombres de combustibles: vela de cebo
- La importancia de los cabos de algodón en el sebo líquido
- Fundición del sebo al quemar la vela de cebo
- Origen del sebo o grasa de buey
- Preparación de jabón a partir del sebo de buey con óxido de calcio.
- Reacción química entre el jabón con el ácido sulfúrico para arrastrar el óxido de calcio y se convierte en ácido esteárico y glicerina
- En la conferencia se utiliza vela de estearina, vela de esperma de ballena, vela de cera amarilla de abeja y de parafina (derivado del petróleo)
- Aplicación de colorantes como la malva y la magenta.
- Fabricación de una vela de cera

Experimentos

Experimento 1. Diferencia entre gas y vapor: el gas se mantiene como gas y el vapor se condensará a líquido.

Experimento 2. El vapor producido por la llama puede ser conducido a través de un tubo

Experimento 3. calor de la llama a través una hoja de papel. Muestra en qué lugar está el calor de la llama.

Experimento 4. La combustión en espacio abierto y cerrado. El aire factor determinante para la combustión.

Experimento 5. Tipos de combustión.

- pólvora con limaduras de hierro. Arden sin llama
- Licopodio forma una llama en forma de nube.
- Alambre de platino, con la llama se produce calor, no llama, no se quema
- Desprendimiento de hidrógeno
- Aplicación de cal u óxido de calcio a la llama
- Combustión del fósforo
- Clorato de potasio con sulfuro de antimonio y una gota de ácido sulfúrico
- Combustión del café

Identificación de los productos de la combustión a través de un globo

Hilo conductor histórico del concepto

Una vela que se coloca ante nosotros y se enciende; desaparece, si ardió correctamente, sin dejar el menor rastro de suciedad en el candelabro y esta es una circunstancia verdaderamente curiosa.

Proposiciones

- Una vela que se enciende desaparece si ardió correctamente
- La cera de la vela actúa como combustible
- Al apagar la vela se percibe un olor desagradable, resultado de la condensación de vapor
- Es posible canalizar el vapor que sale de la combustión de la vela
- En la combustión de una vela hay dos tipos de reacciones: una de producción de vapor y otra de cambio químico, las cuales se dan en diferentes partes de la vela.
- El anillo es el lugar en donde el aire y la combustión se unen
- El aire es absolutamente necesario para la combustión
- Cuando se suspende el aire en la combustión, ella se transforma en una combustión incompleta.
- La pólvora y las limaduras de hierro generan diferentes tipos de combustión
- El licopodio produce una nube de llamas
- Al colocar un tubo de vidrio encima de la llama sale por el orificio extremo un vapor negro incandescente llamado carbón
- Con el hollín del carbón es posible escribir
- Las velas en su composición química poseen carbono
- En una llama existen diferentes partes
- La llama de una vela empaña una cuchara.

Progresión temática

Tema: el fenómeno de la combustión de una vela

Subtemas

- Cambio físico y cambio químico
- Reacción química
- Ecuación química
- El oxígeno necesario para la combustión
- El vapor de agua

Esquema

Fenómeno de combustión de una vela

Diseño de actividades

Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espera del estudiante?
Experimento 1: Combustión de la vela	Por favor encienda un trazo de vela y explique. ¿Qué sucede cuando la vela se enciende? ¿Por qué? ¿Qué sucede con el tamaño de la vela? ¿Qué pasó con la cera? ¿A dónde fue a parar?	El estudiante elabora hipótesis sobre la combustión de la vela y los productos que se obtienen
Experimento 2: Recolección de vapor	Coloque el extremo de un tubo de vidrio en el centro de llama y recoja en el erlenmeyer la sustancia que se desprende. ¿Cómo es la sustancia que sale del centro de la llama? ¿Cuál es el estado de la sustancia que sale? ¿Hacia qué parte del erlenmeyer se dirige? Apague la vela y perciba el olor que se desprende. ¿Qué sustancias?	El estudiante describe el vapor que se desprende del centro de la vela
Experimento 3: Estados de la cera	Cuando el vapor recolectado se enfría ¿Qué estado adquiere? ¿Por qué? Trate de encender la cera sólida. ¿Qué pasa?, si calienta el erlenmeyer y acerca un fósforo al vapor que se desprende. ¿Qué sucedió? ¿por qué? ¿Qué estado debe tener la cera de la vela para arder?	Comprender las transformaciones que la cera va sufriendo
Experimento 4: Conducción del vapor	Coloque el extremo de un tubo de vidrio en las zonas de llama como indica la grafica. Explique. ¿Por qué se da esta diferencia?	Formular hipótesis sobre las zonas de la llama en las cuales se produce el vapor de cera
Experimento 5: El calor de la llama	Tome un trazo de papel y sosténgalo cerca de la llama ¿Por qué se quema el anillo? ¿Por qué no se quema el centro del papel? ¿Dónde está el calor de la llama? ¿Dónde se juntan el aire y el combustible?	El alumno es capaz de asociar la presencia del anillo con la zona de calor de la llama
Experimento 6: El oxígeno en la combustión	Coloque un beaker sobre una vela encendida. Explique ¿Qué sucede con la llama? ¿Por qué se apaga?	El estudiante explica la necesidad del oxígeno en la combustión

Diseño de actividades

Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espera del estudiante?
Experimento 7: Combustión imperfecta	Tome una mota de algodón y colóquela en una capsula de porcelana, enciéndala y observe. ¿Qué sucede con la combustión? ¿Cómo son las llamas? ¿Por qué se produce el hollín?	El estudiante identifica la producción del hollín y la asocia con el proceso de combustión incompleta
Experimento 8: La incandescencia	Tome un pedazo de esponja de brillo, sujétela al soporte y encienda el extremo inferior con un fósforo. Descubra ¿Qué sucede? Compare la combustión de una vela y la combustión que obtiene ahora con la esponja. ¿Cuáles son las diferencias?	El estudiante reconoce los diferentes tipos de combustión
Experimento 9: El carbón en la vela	Coloque el tubo de vidrio en la parte más luminosa de la llama y observe. ¿Qué aparece? Tome una hoja de papel y reciba el humo que se forma. ¿Qué color tiene? ¿de qué está formado el vapor negro? ¿Cómo sale de la vela? Trate de escribir una palabra en la hoja	El estudiante identifica la presencia de carbón en la vela
Experimento 10: Doble rotación del azúcar (práctica demostrativa)	Observe el experimento y explique. ¿de donde sale el carbono? ¿qué semejanzas se pueden establecer con el carbono que se obtiene de la vela?	El estudiante establece comparaciones entre la presencia del carbono en el azúcar y en la cera de la vela
Experimento 11: Obtención del agua	Acerque por favor una cuchara a la llama y explique: ¿Por qué se ampaña la cuchara?	El estudiante reconoce la presencia de agua en la combustión de una vela

Actividades de retroalimentación

Elabore un mentefacto en el que plasme las ideas principales sobre el fenómeno de la combustión de la vela

3. TRANSFERENCIA

Resolución de problemas

Reflexiones sobre
La aplicación

Actividades de Inferencia

Explique ¿por qué una vela no enciende en el agua si hay oxígeno?

Evaluación

Escriba la explicación del fenómeno de combustión de una vela

Referencias bibliográficas

Faraday, M. (1862) *Historia química de una vela*. Título original "The chemical history of a

candle". Traducción de Guillen Rojas Achan y Jesus Fernández. Nivola libros y ediciones. 2014.

Reflexión

¿Cuál es la importancia de lo aprendido en el tema explicado?
 ¿Qué actividades te llamaron más la atención? ¿Por qué?

D. Clase: Productos de la combustión

Docente: Dlguer Basante.
 Grado: undécimo

1. ELEMENTOS CONTEXTUALES

Productos de la combustión

Intención
 Comprender el fenómeno de la combustión desde el concepto de reacción química.
 Explicar qué sucede cuando se quema una vela.

Objetivo
 Explorar los conocimientos previos de los estudiantes sobre la noción de combustión.

Pregunta de contenido
 ¿Cómo y cuáles son los productos que se obtienen de la combustión de una vela?

Resumen
 El diseño de la explicación propuesta, pretende desarrollar actividades para promover en los estudiantes la observación, el cuestionamiento y la teorización sobre el proceso de combustión de una vela, identificando la combustión como una reacción química de oxidación con la consecuente formación de gas carbónico y agua. Se plantea una secuencia explicativa fundamentada en un caso histórico a partir del cual los estudiantes puedan establecer explicaciones sobre el fenómeno estudiado.

*Tal y como sabéis perfectamente, una vela que se coloca ante nosotras y se enciende, desaparece, si ardió correctamente, sin dejar el menor rastro de suciedad en el candelabro y esta es una circunstancia verdaderamente curiosa.
 (Faraday, 1861 p.45)*

Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espera del estudiante?
Cuestionario No- 1	<p>Conformación de comunidades conceptuales</p> <p>De acuerdo a la concepción que tienen sobre combustión conformar grupos de estudiantes caracterizados por tener conceptos similares</p> <p>Se aplican un cuestionario con las siguientes preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Explique ¿qué es combustión? — Explique ¿qué sucede con la vela cuando esta se enciende? — ¿Porqué la vela disminuye su tamaño cuando se quema? — ¿De qué está formado el humo que produce cuando una vela arde? 	

Caso histórico:

Historia química de una vela: Michael Faraday, a partir del cual se pretende recrear situaciones y experimentos descritos en la conferencia número II. La vela: la brillantez de las llamas. El aire necesario para la combustión. La producción de agua, con el fin de comprender los productos que se obtienen de la combustión de una vela.

Hechos relevantes

- Faraday destaca la diferencia entre procesos químicos y físicos, tales como la fusión, la vaporización, la incandescencia y la combustión.
- La cera de la vela es el combustible quemado por una vela, la cera es una mezcla de hidrocarburos de cadena larga; la cera de vela sólida no se quema, ni tampoco la cera fundida: sólo se quema de cera vaporosa.
- La llama tiene tres regiones en donde ocurren diferentes fenómenos físicos y químicos.
- En la combustión se produce dióxido de carbono y agua; ocurre en el borde exterior azul de la llama. Aquí está la cera vaporizada.
- La combustión también se produce en la sección amarilló grisáceo de la llama que rodea la punta de la mecha. Aquí la llama vaporiza la cera fundida. La cera licuada enfría la llama y así esta es la sección de la llama con la temperatura más baja. La combustión incompleta ocurre cuando no es suficiente el oxígeno para combinar con carbono.
- Los cambios químicos y físicos en la llama crean su forma distintiva.
- El humo que surge proviene de la combustión incompleta en la llama.
- El calor de la llama funde la cera por radiación y convección, la acción capilar extrae la cera por la mecha, la cera fundida se vaporiza, las reacciones químicas producen la llama, las partículas de carbono sólido calentadas resplandecen y las corrientes de la convección barren los productos de la combustión.
- El producto químico equilibrado la ecuación para la combustión completa de una vela está representada por: $C_{25}H_{52}(s) + 38O_2(g) \rightarrow 25CO_2(g) + 26H_2O(g)$
- Faraday dice que la combustión es de "dos tipos", aunque hoy en día se suele hablar de la combustión y la incandescencia. La pólvora quema con una llama, pero las limaduras de hierro se mantienen sólidos y por lo tanto no producen una llama.
- El color surge de la combustión incompleta, que significa que no hay suficiente oxígeno para quemar todo el carbón.
- El carbono es un producto de la combustión, que aparece como hollín.
- Para la combustión el aire fresco es necesario.
- Se observa que hay ciertos productos como el resultado de la combustión de una vela, y que de estos productos una parte puede ser considerada como carbón de leña, o de hollín; ese carbón de leña, cuando se quemó después, produce algún otro producto; y nos preocupa mucho ahora para determinar lo que es otro producto.
- Faraday captura los gases emitidos de una vela utilizando un frasco de vidrio con un chimenea-un tubo de vidrio con una curva en ángulo recto. El autor muestra que las velocidades de flujo de los gases emitidos por la vela son "casi suficiente para hacer estallar" un fósforo. Finalmente se extingue debido a que los gases emitidos por la vela, incluyendo, que son producidos por la reacción química en la llama.

Hilo conductor histórico del concepto

Cuando una vela arde, descubrimos que éramos capaces, gracias a un buen dispositivo, de obtener diferentes productos de ella. Habían una sustancia que no se obtenía cuando la vela ardía de forma adecuada, que era hulla o humo; sino que tomaba otra forma y era parte de la corriente general que, ascendiendo desde la vela, se volvía invisible y se elevaba.

Proposiciones

La combustión como una reacción química de oxidación fuertemente exotérmica.

La combustión implica la presencia de un combustible (elemento que se oxida), de un comburente (elemento oxidante) y calor.

La combustión es un proceso general de todas las moléculas orgánicas, en la cual los átomos de carbono de la molécula se combinan con el oxígeno convirtiéndose en moléculas de dióxido de carbono (CO₂), moléculas de (H₂O) y energía.

La combustión es una reacción exotérmica.

En las reacciones químicas, unas sustancias químicas, los reactivos, se convierten en otras, los productos.

Una ecuación química es la representación simbólica de los procesos químicos

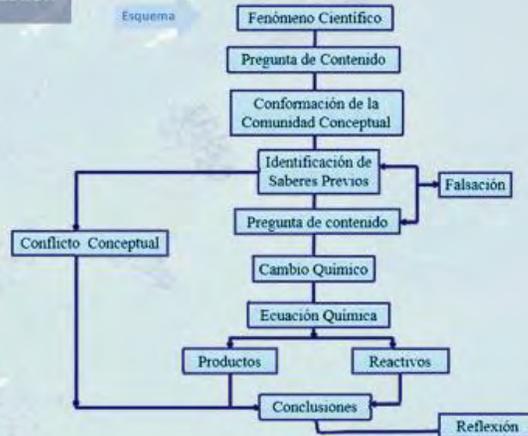
Progresión temática

Tema: fenómeno de la combustión

Subtemas

- Cambio físico y cambio químico
- Comburente y combustible
- Proceso químico
- Ecuación química

Esquema



Diseño de actividades

Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espera del estudiante?
Experimento 1: Combustión de la vela	<p>Por favor encienda una vela y explique. ¿Qué sucede cuando la vela se enciende? ¿Por qué? ¿Qué sucede con el tamaño de la vela? ¿Qué pasa con la cera?</p> <p>Elabore la representación grafica de la variación del tamaño de la vela (centímetros) versus tiempo (segundos) Escriba sus conclusiones</p>	El estudiante elabora hipótesis sobre el cambio de tamaño de la vela
Experimento 2: el agua de la combustión	<p>Realice el montaje como indica la figura. Observe la base del tubo de vidrio y describa las observaciones ¿Qué se forma? ¿De dónde sale? ¿Cómo se forma?</p>	El estudiante elabora explicaciones sobre la formación del agua en la base del tubo de vidrio.
Experimento 3: prueba del agua [practica demostrativa]	<p>Tome una pequeña cantidad de potasio (K), una sustancia química descubierta por Davy Humphry y colóque en la capsula de porcelana que contiene agua del grifo ¿Explique qué sucede?</p> <p>Tome en una placa de vidrio unas gotas de la sustancia de la base del tubo de vidrio y repita la experiencia con el potasio (K) ¿Explique qué sucede? ¿Son reacciones similares? ¿Por qué? ¿A partir de esta experiencia Usted podría concluir que el agua de las dos experiencias tiene las mismas propiedades?</p>	El estudiante puede concluir que la sustancia obtenida de la combustión de una velas es idéntica al agua del grifo.







Diseño de actividades

Nombre de la actividad	Descripción	¿Qué se espera del estudiante?
Experimento 4: obtención de hidrógeno explosivo [practica demostrativa]	<p>¿Qué sucede cuando soplo las burbujas de hidrógeno? ¿Qué aspecto tiene la parte inferior de la burbuja? Recoja las burbuja en una cuchara metálica y acerque un encendedor ¿Qué sucede? ¿Por qué?</p>	El estudiante reconoce que el hidrógeno es un elemento inflamable
Experimento 5: obtención de oxígeno	<p>Recolecte el gas que se desprende de la mezcla en un tubo de ensayo. Acerque una vela incandescente al tubo con el gas. Describa y explique lo que sucede. ¿por qué? ¿Qué propiedades tienen el gas recolectado con respecto a la combustión?</p>	El estudiante identifica que el oxígeno aviva la combustión
Experimento 6: obtención de gas carbónico	<p>Exhale por el tubo de vidrio y observe lo que sucede con el agua de cal ¿por qué?</p>	El estudiante reconoce la producción de gas carbónico en la combustión de la vela y en la ebullición
Experimento 7: el carbón de la vela	<p>Ubique una cuchara en el centro de la llama y observe el color que adquiere. ¿A que se debe? ¿De dónde salió? ¿Cómo se forma?</p>	El estudiante reconoce la formación de negro de carbón







Actividades de retroalimentación

Contrastación con ideas previas. Se entrega el cuestionario y se contrastan las respuestas iniciales con los referentes científicos

3. TRANSFERENCIA

Resolución de problemas

Faraday en el libro: "historia química de una vela" afirma: *"Tal y como sabéis perfectamente, una vela que se coloca ante nosotros y se enciende, desaparece, si ardió correctamente, sin dejar el menor rastro de suciedad en el candelabro y ésta es una circunstancia verdaderamente curiosa"*

A partir de la afirmación hecha por Faraday. Resuelve:

- ¿Qué quiso decir con: "una vela que se coloca ante nosotros y se enciende, desaparece"?
- ¿Qué significa ardió correctamente?
- Es posible que la combustión de una vela deje rastro ¿Cuándo?
- Escribe los datos que te parecen curiosos sobre la combustión de una vela

Reflexiones sobre La aplicación

Actividades de Inferencia

Explique: ¿Por qué un carro tanque cargado de combustible dice: "no apagar con agua"?

Evaluación

Escriba cómo explicarías el fenómeno de combustión de la vela

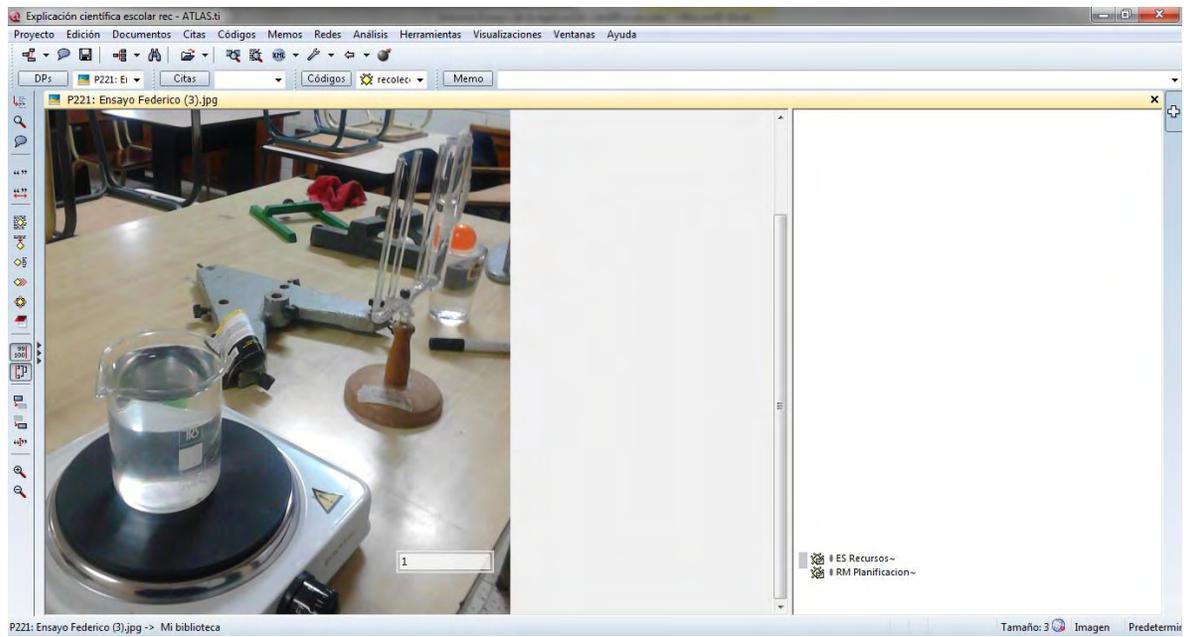
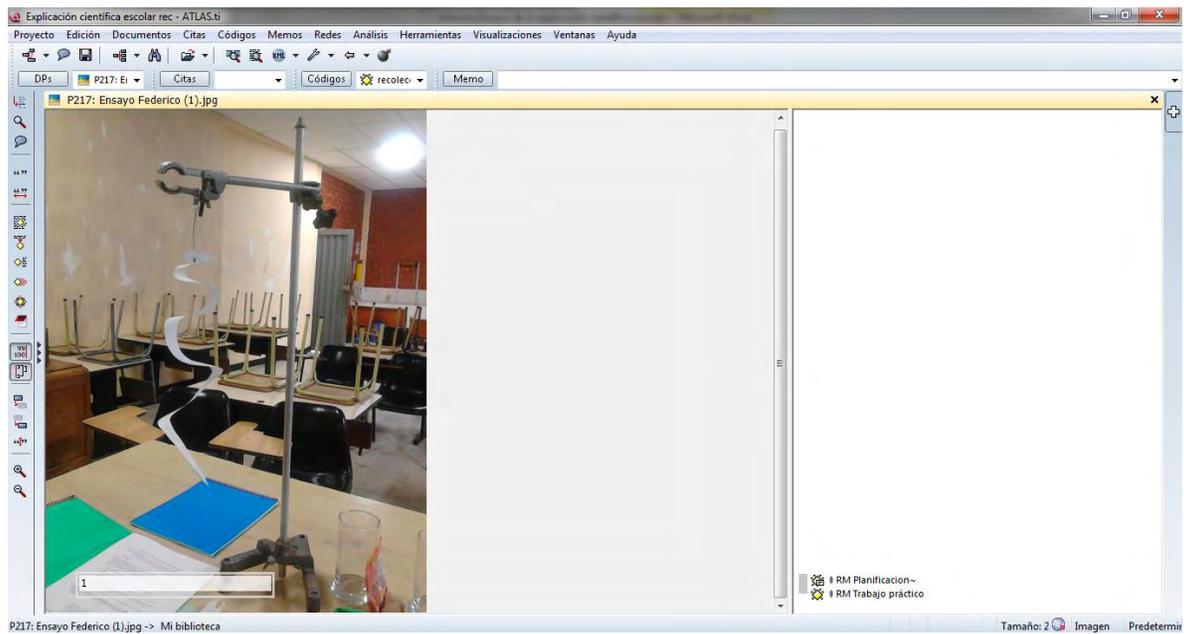
Referencias bibliográficas

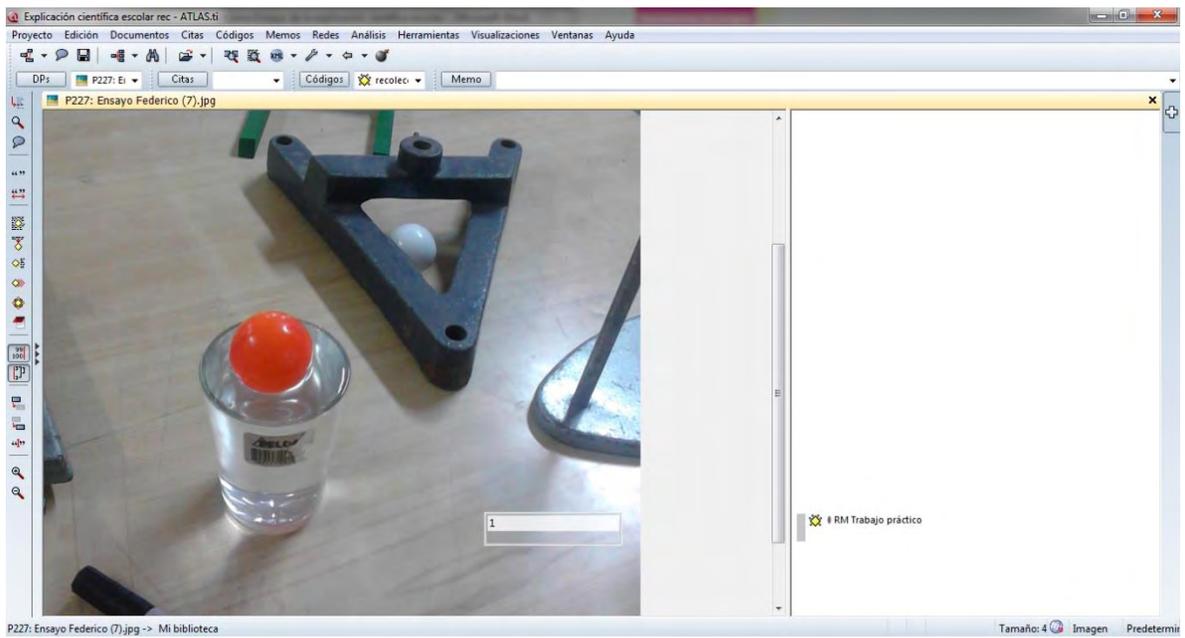
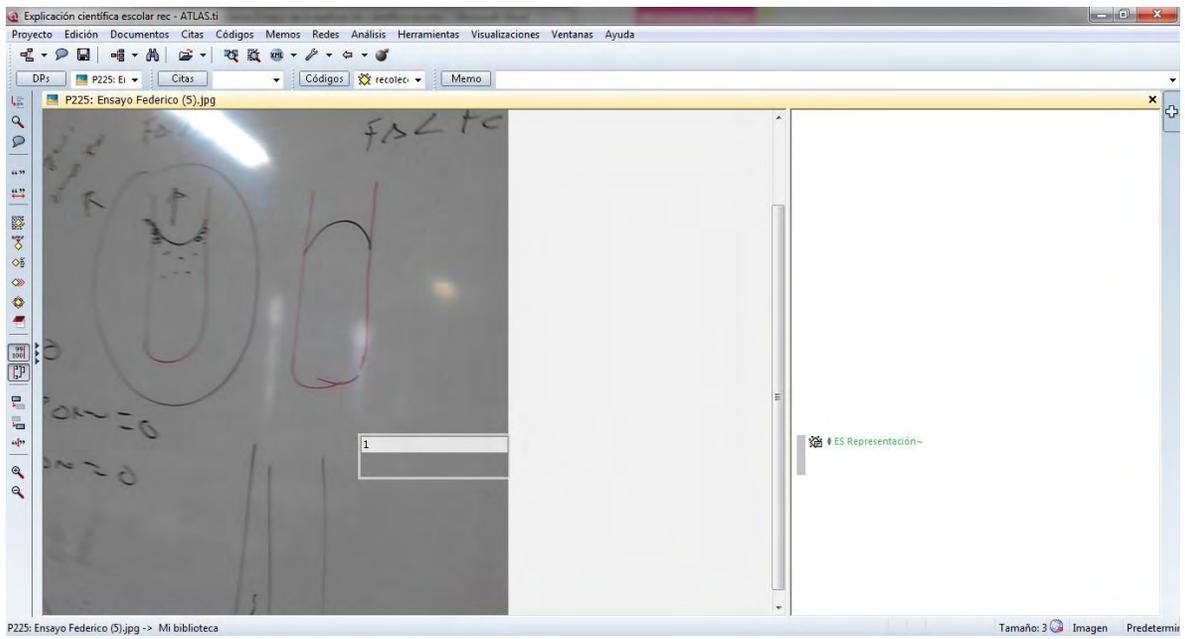
Faraday, M. (1867) *Historia química de una vela*. Título original "The chemical history of a candle". Traducción de Guillen Rojas Acha y Jesús Fernández. Nivola libros y ediciones. 2014.

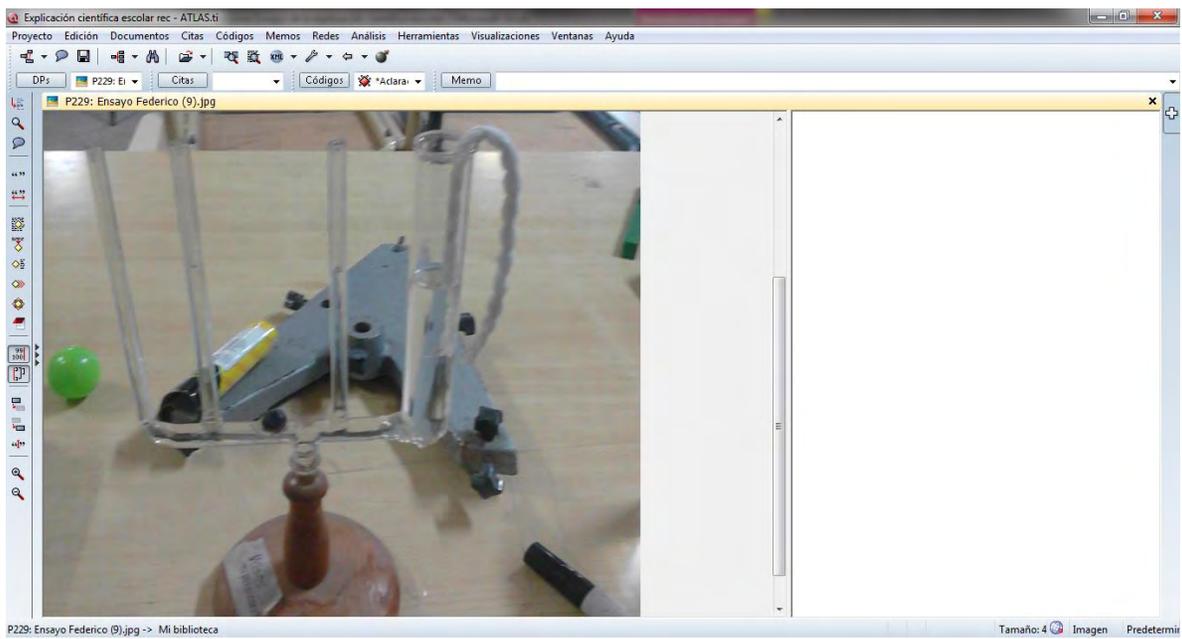
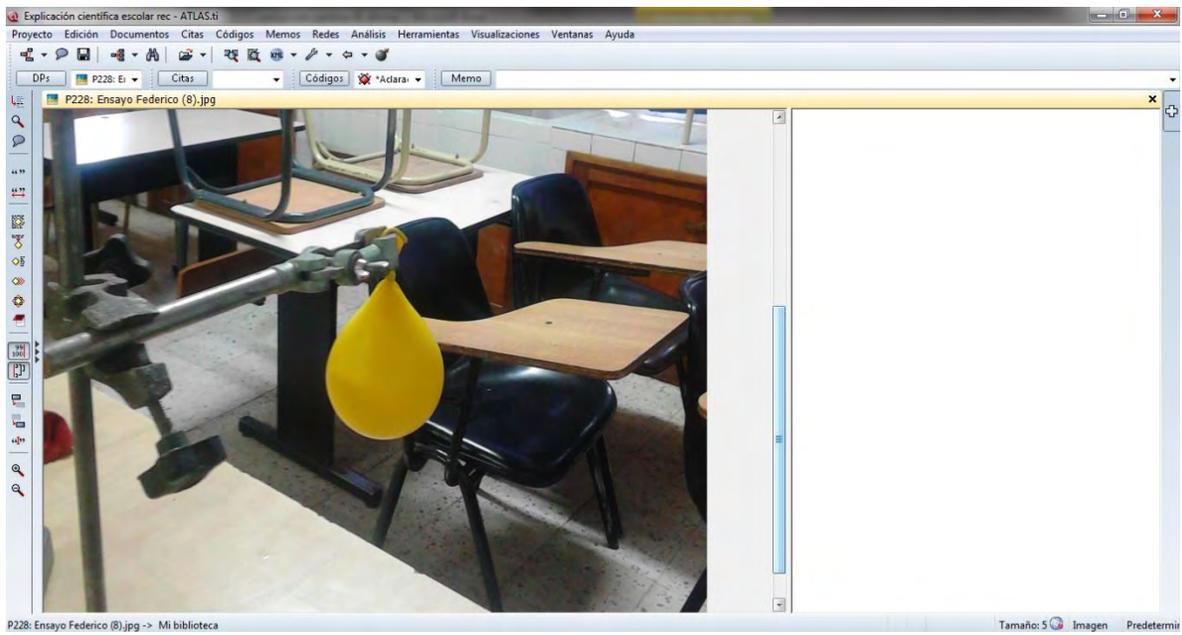
Reflexión

Cuáles son las conclusiones obtenidas durante el proceso (desde las ideas previas hasta las conclusiones de la explicación)

Anexo 13. Taller de formación docente. Diseño de la explicación científica escolar. Ensayo







Explicación científica escolar rec - ATLAS.ti

Proyecto Edición Documentos Citas Códigos Memos Redes Análisis Herramientas Visualizaciones Ventanas Ayuda

DPS P237: Ei Citas 237:4 Ei Códigos contras Memo

P237: Ensayo Holguer c.mp3

00:04:59

NOV 14 2017 8:12AM

- # contrastación~
- # ES Progresion~
- # ES Esquema~

Código: ES ESQUEMA no creado de nuevo

Tamaño: 1 Audio Predetermi

Explicación científica escolar rec - ATLAS.ti

Proyecto Edición Documentos Citas Códigos Memos Redes Análisis Herramientas Visualizaciones Ventanas Ayuda

DPS P237: Ei Citas Códigos recolec Memo

P237: Ensayo Holguer c.mp3

00:06:24

NOV 14 2017 8:33AM

- # contrastación~
- # ES Progresion~
- # ES Esquema~
- # EC Comunicación~
- # recoleccion datos~

P237: Ensayo Holguer c.mp3 -> Mi biblioteca

Tamaño: 1 Audio Predetermi

