



La explicación científica en profesores de Ciencias

Scientific explanation in science teachers

Nayibe Mabel Paredes Arturo¹ y Alvaro García Martínez²

Recepción: 26/08/2020

Aceptación: 06/11/2021

Resumen

Este estudio analizó las explicaciones científicas dadas por un grupo de profesores de ciencias en ejercicio de educación básica secundaria. Se diseñó una investigación cualitativa e interpretativa con estudio de caso a partir del cual se identificó el perfil de las explicaciones que los docentes utilizan en el momento de enseñar los fenómenos científicos. Para el análisis de la información se utilizó el software *ATLAS.ti* (conjunto de herramientas para el análisis cualitativo de entrevistas y grupos focales) por medio del cual se diseñaron las redes semánticas que permitieron elaborar unas tablas para mostrar la presencia o ausencia, durante el tiempo de clase, de los comportamientos asociados a las categorías de análisis. Los resultados mostraron que las explicaciones realizadas por los docentes se caracterizan por la descripción de los fenómenos, por el modelo de explicación causal y por el uso del método científico. Se concluyó que esta actividad de enseñanza inherente a la práctica pedagógica cotidiana de los docentes se orienta por un proceso de comunicación unidireccional. Finalmente, se discutieron las implicaciones de la construcción de explicaciones en el ejercicio de la docencia y el impacto de esta práctica científica en la formación de los estudiantes.

Palabras clave

Explicación, profesores en ejercicio, enseñanza de las ciencias.

Abstract

This study analyzed the scientific explanations given by a group of teachers of basic secondary education. A qualitative and interpretive research was designed with a case study from which the profile of the explanations used by teachers when teaching scientific phenomena was identified. For the analysis of the information, the *ATLAS.ti* software (a set of tools for the qualitative analysis of interviews and focus groups) was used, through which the semantic networks were designed that allowed the elaboration of tables to show the presence or absence, during class time, of the behaviors associated with the categories of analysis. The results showed that the explanations made by the teachers are characterized by the description of the phenomena, by the causal explanation model and using the scientific method. The present Study showed that this teaching activity inherent in the daily pedagogical practice of teachers is guided by a one-way communication process. Finally, the implications of the construction of explanations in the teaching exercise and the impact of this scientific practice on the training of students were discussed.

Keywords

Explanation, in-service teachers, science teaching.

¹Universidad Mariana, Institución Educativa Municipal Libertad, Colombia

²Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Introducción

La explicación en el aula es una actividad prioritaria para el docente de ciencias en ejercicio, pues está ligada a su práctica pedagógica; de hecho, cuando el profesor explica la clase se apoya en el conocimiento de la disciplina, en la propia experiencia y en los saberes adquiridos en la universidad durante su proceso de formación. En este sentido, el saber que utiliza el profesor para explicar la ciencia es un saber plural, dinámico y diverso. Este saber involucra sus concepciones, las cuales se evidencian en el acto de explicar (Tardif, 2004).

Por tanto, la explicación es una actividad intencional del maestro en la cual se presentan de manera sistemática, ordenada y secuencial los diferentes temas que se van a enseñar (Jorba et al., 2000). Así, el docente hace uso de elementos tanto cognitivos como lingüísticos y los interrelaciona para construir la explicación científica escolar. La explicación es una forma específica del uso del lenguaje: se trata de un proceso dinámico de comunicación que se da en la interacción entre el docente, los estudiantes y el saber. En consecuencia, la explicación —como acto lingüístico— posibilita la construcción de esquemas conceptuales cada vez más complejos que permiten comprender los fenómenos naturales al incentivar el lenguaje y el uso del vocabulario científico a través del desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas (Jorba et al., 2020; Quintanilla, 2006).

Por otro lado, para entender el proceso de la explicación científica escolar se deben considerar dos perspectivas metateóricas: «(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» (Eder-Adúriz, 2008, p. 102). En el presente estudio se encontró que identificar los elementos de las explicaciones de los docentes y la forma como comunican los conceptos científicos involucrados en la explicación de los fenómenos naturales es un tema relevante en la formación del docente en ejercicio, pues permite diseñar talleres de formación continua que lleven a reflexionar sobre esta actividad científica, a viabilizar nuevas formas de explicar la ciencia y a posibilitar que los estudiantes, a su vez, aprendan a construir explicaciones.

Marco teórico

La explicación es una de las operaciones cognitivas más importantes de los seres humanos (Pereira, et al., 2016); se constituye en uno de los objetivos fundamentales para las ciencias experimentales (Eder y Adúriz-Bravo, 2008; Martín-Díaz, 2013; Yao y Guo, 2018) y para la formación de los docentes (Cabello y Sommer, 2020; Sánchez et al., 2021). La explicación es el eje del discurso escolar y de la práctica diaria del docente.

Lavoisier (2009) plantea que la ciencia y el lenguaje se interrelacionan para perfeccionarse; por esta razón, el pensamiento científico existe gracias a la palabra y al lenguaje. Adicionalmente, Jorba et al. (2000) afirman que el lenguaje en la enseñanza de las ciencias es un recurso que permite construir significados y relaciones entre los conceptos y las ideas científicas. La explicación—como acto lingüístico— posibilita la construcción de esquemas conceptuales cada vez más complejos que permiten comprender los fenómenos naturales debido a que incentiva el lenguaje y el uso del vocabulario científico a través del desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas.

En síntesis, la explicación en la ciencia forma parte del discurso docente, se basa en el saber disciplinar y en la experiencia, y está ligada al modelo teórico de ciencia y de enseñanza. Además, cumple con: (a) fines universales como la verdad, la simplicidad, la unificación y la adecuación empírica; y b) fines pragmáticos como la resolución de problemas (Quintanilla, 2006). No obstante, el fin principal de la explicación es facilitar la comprensión, motivo por el que se constituye en una actividad a partir de la cual se pone en acción el lenguaje en el aula con el propósito de brindarle autonomía al estudiante para que aprenda a leer el mundo a través de los conceptos científicos.

Participantes

Este Estudio se llevó a cabo con los docentes del Área de Ciencias Naturales de la Institución Educativa Municipal Libertad (Pasto, Colombia) quienes laboran en los grados décimo y undécimo (estudiantes de 14 a 16 años) en las áreas de Química, Biología y Física. Los 15 docentes que participaron:

- 4 trabajan en Química, 4 en Física y 7 en Biología.
- 8 son hombres y 7 son mujeres.
- Su experiencia docente va de los 5 años a más de 20 años.
- Su edad oscila entre 25 y 65 años.

Procedimiento y análisis

Este artículo se fundamenta en los postulados de la investigación cualitativa orientada por un enfoque interpretativo y por el diseño de un estudio de caso. Desde esta perspectiva, este trabajo se centra en la comprensión de los comportamientos asociados al acto de explicar desde los propios marcos de referencia de los docentes para la explicación (Imbernón et al., 2007). El análisis se hace mediante la interpretación de la forma como los docentes abordan un fenómeno específico en el aula.

El objetivo de esta investigación es analizar las explicaciones científicas sobre los fenómenos naturales que los docentes ofrecen a los estudiantes en el aula escolar. Para tal fin se diseñó una matriz de valoración (Paredes, 2018) validada por expertos en didáctica de las ciencias, en psicología educacional, en lengua y en literatura. Las categorías de matriz surgen de la revisión teórica de los planteamientos de Achinstein (1989) quien define la explicación científica como un acto ilocucionario, de los criterios de textualidad propuestos por Beaugrande y Dressler (1997) y de la teoría de los actos de habla propuesta por Austin (1971) y por Searle (1990). Por lo tanto, la explicación científica se asume como un proceso complejo de comunicación con varios momentos que van desde la estructuración de la explicación hasta la evaluación de la misma.

Las cuatro categorías observadas en las explicaciones de los docentes fueron:

1. Elementos contextuales: se encuentra relacionada con la planeación de la explicación y con las actividades realizadas para la identificación de los saberes previos y para la definición del propósito de la explicación.
2. Estructuración: tiene que ver con la búsqueda y construcción, por parte del docente, de los referentes teóricos y experimentales necesarios para la organización de las secuencias de aprendizaje y para la determinación de los contenidos que se van a explicar.

3. Transferencia: comprende la identificación y el desarrollo de actividades que le permiten al docente establecer las ideas iniciales de los estudiantes con las representaciones realizadas por ellos después de la explicación.
4. Reflexión metacognitiva: incluye las actividades que le ayudan al docente a reflexionar sobre el proceso de diseño e implementación de la explicación.

Los datos recopilados se organizaron con base en los tres pasos que Bardin (2002) plantea: el preanálisis, la codificación y la categorización a partir de unos criterios conceptuales comunes. El análisis se realizó con el apoyo del software ATLAS.ti 7.1; con esta información se obtuvo una secuencia de la explicación, representada más adelante en unas tablas que muestran la presencia o ausencia, en el tiempo de clase, de los comportamientos asociados a cada una de las categorías de la matriz de valoración.

Resultados

De la observación no participante (una estrategia para recolectar información) se obtuvo la filmación de los videos del proceso de explicación y, posteriormente, se realizó la transcripción de cada uno de éstos (2 clases por docente). Esto permitió consolidar el Perfil de la explicación de los docentes y determinar el tiempo en el cual se hicieron presentes los comportamientos asociados a cada categoría. En la Figura 1 se observan las ideas seleccionadas por los docentes para generar las explicaciones en el salón de clase a partir de la pregunta: ¿cómo explicaría usted el fenómeno de la combustión en el aula?

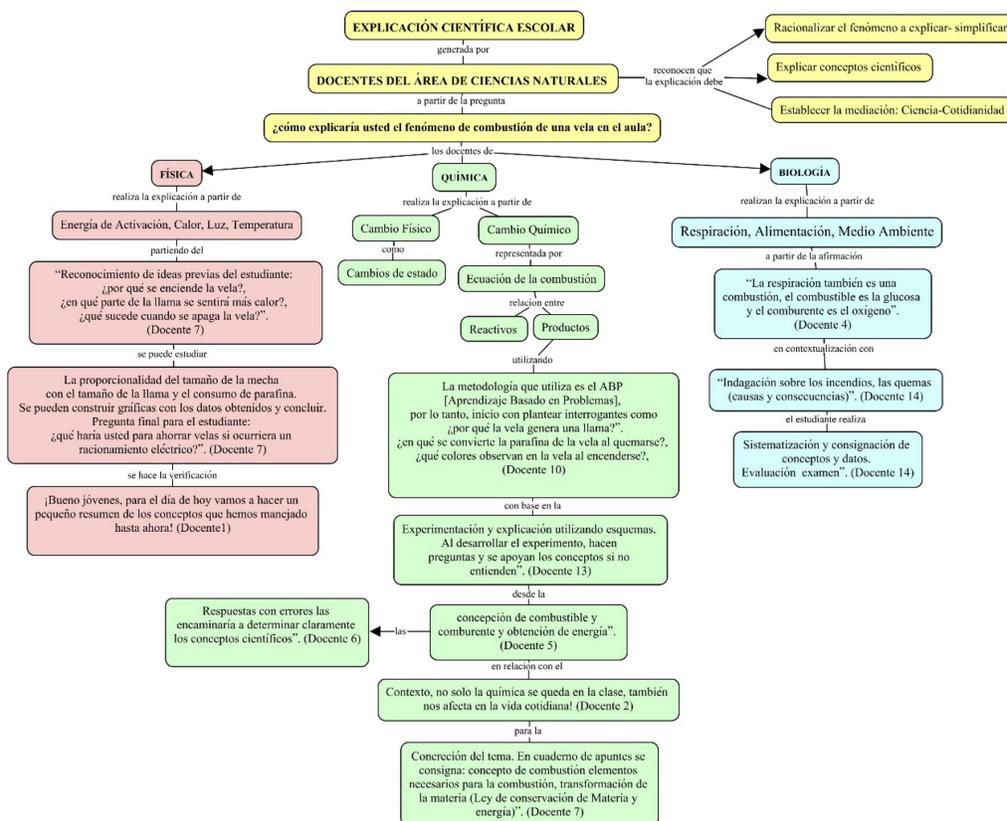


FIGURA 1. Ideas seleccionadas por los docentes para explicar el fenómeno de la combustión.

Nota. Elaboración propia de los Autores a partir de los resultados de investigación.

En la Tabla 1, con base en las explicaciones dadas por los docentes, se presentan, por un lado, cada uno de los comportamientos asociados a la categoría elementos contextuales y, por el otro, el tiempo de clase en minutos. Cada barra muestra el tiempo de duración en minutos de cada uno de los comportamientos, que como se puede observar, se presentan de manera continua o discontinua.

Tiempo de clase en minutos	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	
Realiza la explicación con naturalidad																								
Focaliza la entonación para hacer énfasis en algunos aspectos																								
Mantiene un ambiente de comunicación con el estudiante																								
Se apropia y organiza el espacio del aula																								
Articula elementos de la cotidianidad																								
Identifica los saberes previos																								
Formula preguntas de contenido																								
Establece el fenómeno a explicar																								
Relaciona la explicación con el contexto																								

TABLA 1.
 Comportamientos observados en la categoría Elementos contextuales.

Nota. Elaboración propia de los Autores.

Durante los primeros 8 minutos de la clase, los docentes contextualizan la explicación a través del uso de preguntas relacionadas con el contenido que van a explicar y con la identificación de los saberes previos. En los siguientes minutos, los docentes presentan de manera explícita la intención de la clase y comunican el fenómeno que se va a estudiar, estableciendo —en diferentes momentos— relación con ejemplos de la cotidianidad; adicionalmente, se organizan grupos de trabajo. De igual manera, hacen énfasis en el fenómeno que van a explicar y mantienen, permanentemente, la interacción docente-estudiante a través de la resolución de preguntas con el fin de comprobar el nivel de comprensión de la explicación.

En la Tabla 2 se presentan los comportamientos asociados a la categoría Estructuración de la explicación durante el tiempo de desarrollo de la clase. Cada barra muestra el tiempo de duración en minutos de cada uno de los comportamientos. La barra en blanco indica que el comportamiento no estuvo presente durante la explicación.

Tiempo de clase en minutos	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	
Comportamiento																								
Selecciona los referentes teóricos																								
Utiliza elementos de la historia de la ciencia																								
Emite proposiciones que confieren contenido a las explicaciones que da																								
Evidencia una progresión temática y una secuenciación en la explicación																								
Define un esquema para la explicación																								
Hace uso de varios ejemplos																								
Utiliza metáforas, analogías y modelos																								
Explica estableciendo proposiciones causales																								
Suprime información que considera que el estudiante ya conoce																								
Hace uso de diferentes recursos para la explicación																								
Diseña estrategias para la aplicación de los conceptos																								
Realiza actividades de retroalimentación																								

TABLA 2.

Comportamientos observados en la categoría Estructuración de la explicación.

Nota. Elaboración propia de los Autores

Para la Estructuración de la explicación los docentes utilizan diferentes referentes teóricos, sin embargo, se hace poca mención de estos durante la explicación y no aparecen elementos relacionados con la historia de la ciencia. Cerca de la mitad del tiempo de clase los docentes realizan el abordaje del tema; para ello emplean varias estrategias con el fin de dar mayor claridad a la explicación. Las más frecuentes son las estrategias de aplicación y el uso de ejemplos seguidos de diversos recursos, representaciones y esquemas. Pocos minutos después de iniciada la clase se hace la explicación causal del fenómeno y, en ciertos momentos, se omiten algunas explicaciones de aspectos que se presume el estudiante ya conoce.

La Tabla 3 presenta la presencia o ausencia de los comportamientos asociados a la categoría Transferencia durante el tiempo de desarrollo de la clase.

Tiempo de clase en minutos	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
Desarrolla actividades en las cuales el estudiante puede realizar inferencias a partir del fenómeno explicado.																							
Permite expresar a los estudiantes la explicación a través de la escritura																							
Establece relaciones entre los conocimientos previos y el nuevo contenido al explicar																							
Evidencia una amplitud de conocimientos sobre el fenómeno estudiado.																							
Permite que el estudiante explique otros fenómenos en contextos similares.																							
Permite que el estudiante explique otros fenómenos en contextos distintos.																							
Cuando una explicación no es clara para el estudiante, genera otras estrategias de enseñanza.																							
Permite que los estudiantes realicen preguntas relacionadas con lo explicado o con otros hechos similares.																							
Promueve la interdisciplinariedad																							

TABLA 3.
 Comportamientos observados en la categoría: Transferencia.
 Nota. Elaboración propia de los Autores

En relación con la categoría Transferencia es importante resaltar que el comportamiento de los docentes que está presente por más tiempo durante la clase es el de permitir expresar a los estudiantes la explicación a través de la escritura. Sin embargo, en la mayoría de casos, lo que los estudiantes escriben es un dictado. Si bien se identifican varios aspectos relacionados con la categoría Transferencia, en cuanto a la explicación se podría considerar que son aspectos inadecuados, ya que hay una participación predominante de los docentes en la resolución de problemas. En cuanto a la interdisciplinariedad, limitan la explicación a aspectos relacionados con la materia que dictan sin establecer una relación con otras ciencias naturales. Por otra parte, son pocos los minutos de la clase dedicados al proceso de inferencia y se mencionan algunos ejemplos en donde la explicación puede

aplicarse a contextos similares o diferentes al fenómeno estudiado, lo cual puede implicar la explicación de otras leyes, de otras teorías o de otros conceptos.

En la Tabla 4 se presentan, por un lado, cada uno de los comportamientos asociados a la categoría Reflexión metacognitiva y, por el otro, el tiempo de clase en minutos. De esta manera, cada barra muestra el tiempo de duración en minutos de cada uno de los comportamientos.

Tiempo de clase en minutos	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
Asume un punto de vista crítico sobre el diseño de la explicación.			█																				
Revisa y analiza el diseño de la explicación con otros docentes del área.	█	█	█																				
Acepta observaciones y realiza los ajustes al diseño.	█	█																					
Realiza actividades para contrastar las decisiones tomadas en la explicación con los resultados evaluativos obtenidos.																							
Establece conexiones y asociaciones al explicar los fenómenos.	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█		
Hace uso de hechos de la historia de la ciencia para reflexionar sobre la ciencia		█	█																				
Realiza actividades que le permiten al estudiante argumentar																							
Realiza actividades practicas		█	█			█	█	█				█	█	█			█	█	█				

TABLA 4.

Comportamientos observados en la categoría Reflexión metacognitiva.

Nota. Elaboración propia de los Autores

En la categoría Reflexión metacognitiva el comportamiento más recurrente es: establecer conexiones y asociaciones. Este se evidencia en los momentos en los que el docente busca relacionar el fenómeno con situaciones de la vida cotidiana o establecer conexiones entre diferentes problemas planteados. También se observan elementos relacionados con el trabajo experimental, en donde se desarrollan prácticas y procedimientos de laboratorio. En general, hay ausencia de los demás comportamientos relacionados con esta categoría.

Discusión

Los resultados de este Estudio muestran que los docentes sí le dan relevancia a la fundamentación científica que se necesita para la explicación de la ciencia. En relación con lo que Tardif (2004) identifica como saberes disciplinares, la explicación exige tener un conocimiento de la materia que se va a enseñar. En esa medida, la formación docente se orienta por la dinámica de la elaboración y la socialización tanto del saber disciplinar como del saber didáctico. De forma paralela, autores como Kulgemeyer y Riese (2018); 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 explica.

Por consiguiente, los hallazgos evidencian que la formación docente brinda los elementos necesarios para planificar la explicación y para mejorar la interacción en el aula (Moreland et al., 2006).

Adicionalmente, en el discurso de los docentes persiste el enfoque generalizado de la explicación científica escolar a través del método científico, en el que se da prioridad a la observación, a la formulación de la hipótesis y a la rigurosidad de la experimentación. Este resultado coincide con los hallazgos de Camacho-González (2010) y Adúriz Bravo (2008) quienes afirman 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 y cimentada en la noción de verdad en el mundo de las Ciencias Exactas.

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; asimismo, los docentes reconocen la explicación de los fenómenos naturales como una competencia básica para la enseñanza de las ciencias y fundamental para la comprensión de los conceptos científicos y para el desarrollo académico de los estudiantes (Cabello y Topping, 2018).

Por otra parte, tal como se dijo anteriormente, se puede afirmar que los docentes del área de Química al explicar el fenómeno de la combustión hacen énfasis en el concepto de reacción química, al igual que en las investigaciones realizadas por Cabrera (2016); los docentes del área de Física hacen la explicación a partir los conceptos de calor y temperatura, y los docentes de Biología realizan la explicación desde el estudio de la respiración. En este sentido, las explicaciones se planean y se desarrollan en el aula desde la formación disciplinar y desde los modelos teóricos del maestro. Cabe añadir que autores como Ariza y Parga (2011) sugieren que en el contexto escolar no se dan las explicaciones suficientes para la comprensión del fenómeno de la combustión.

En cuanto a los resultados para la categoría Elementos contextuales se evidencia que los docentes buscan propiciar un ambiente de motivación con el objeto de lograr la intención de la explicación que se plantea a través del desarrollo de la pregunta de contenido. Es así como en esta categoría el profesor hace actividades de enseñanza y aprendizaje que permiten identificar las ideas iniciales para la representación del fenómeno natural por parte de los estudiantes, a fin de explorar esas ideas y de relacionar la explicación con situaciones de la vida cotidiana que permitan darle sentido y significado al aprendizaje (Marchán-Carvajal y Sanmartí, 2015).

En la categoría Estructuración de la explicación se presentan algunos elementos similares a la contextualización 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 y que propician la exploración del territorio del fenómeno (Quintanilla, 2006): ¿qué explico?, ¿cómo lo puedo explicar a los estudiantes?, ¿qué recursos utilizo para explicar?

En la categoría Transferencia, el docente busca que el estudiante pueda aplicar el modelo explicativo del fenómeno estudiado a diferentes situaciones y contextos que progresivamente se vuelven más complejos; esto genera una amplitud del conocimiento del fenómeno estudiado basado en una mayor significatividad y en una mejor comprensión del fenómeno (García y Angulo, 2003; Quintanilla, 2006).

Finalmente, los resultados muestran presencia mínima o ausencia de los comportamientos asociados a la categoría Reflexión metacognitiva. Es decir, no se evidencian elementos que permitan al docente realizar un ejercicio de reflexión sobre la práctica explicativa.

Conclusiones

A partir de los hallazgos se puede concluir que no es posible calificar una explicación dada por los profesores como la mejor. No obstante, se puede señalar que hay elementos comunes durante las distintas explicaciones, tales como: (a) la presentación del tema; (b) la formulación de preguntas centradas en el ¿qué?; (c) el desarrollo de actividades para conocer los saberes previos de los estudiantes; y (d) las explicaciones de carácter expositivo, en las cuales predomina la comunicación del docente hacia el estudiante.

En general, se observa que las explicaciones son coherentes con los saberes y con las actividades programadas en las mallas curriculares y que los docentes buscan, por una parte, cumplir con las programaciones institucionales establecidas y, por la otra, mantener el promedio obtenido por el área en las pruebas externas. Este último, es un factor que condiciona, por un lado, el ¿qué se debe explicar? y el ¿cuándo se debe explicar?, y, por el otro, el énfasis y el tiempo que se deben dedicar al desarrollo de los temas. Así mismo, los docentes planean las actividades de explicación desde su campo disciplinar de formación, razón por la cual es muy difícil encontrar explicaciones interdisciplinarias. Existe una inclinación hacia el uso de los ejemplos, la resolución de problemas y el empleo de metáforas y analogías con el fin de mejorar la comprensión de los fenómenos estudiados.

Se puede concluir que, aunque los docentes quieren tener una forma constructiva en la explicación de la ciencia, en el momento de desarrollar la clase estos elementos no se hacen tan evidentes, más aún, existe un condicionamiento de las respuestas de los estudiantes a través de la formulación de preguntas y del 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. Se evidencia la existencia de dificultades conceptuales y procedimentales al explicar la ciencia; por todas estas razones es necesario trabajar en la formación de los docentes a fin de desarrollar en ellos las habilidades que se requieren para explicar mejor la ciencia y generar nuevas posibilidades para que los estudiantes puedan aprender esta habilidad cognitivo-lingüística que sin duda los llevará a comprender los conceptos científicos.

Referencias

- Achinstein, P. (1989). *La naturaleza de la explicación*. (L. García, Trad.). Fondo de Cultura Económica. (Trabajo original publicado en 1983).
- Adúriz-Bravo, A. (2008). ¿Existirá el "método científico"? En L. Galagovsky (Coord.), ¿Qué tienen de "naturales" las ciencias naturales? (pp. 47-59). Biblos.
- 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.). Paidós. (Obra original publicada en 1955). http://revistaliterariakatharsis.org/Como_hacer_cosas_con_palabras.pdf
- Bardin, L. (2002). *Análisis de contenido*. (C. Suárez, Trad.). Akal. (Trabajo original publicado en 1977).
- Beaugrande, R. A. y Dressler, W. U. (1997). *Introducción a la lingüística del texto*. (S. Bonilla, Trad.). Ariel. (Trabajo original publicado en 1972). <http://www.hugoperezidiart.com.ar/sigloXXI-cl2012/beaugrande-dressler.pdf>
- Cabello, Valeria M. y Sommer Lohrmann, Martin. (2020). Andamios de retiro gradual. Parte 1: visibilización del pensamiento en la construcción de explicaciones científicas escolares. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 46(1), 257-267. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052020000100257>
- 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 de doctorado Universidad del Valle, Colombia]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9602/9405-0525503.pdf?sequence=1>
- 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 de doctorado Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile]. http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/DOCTOR/TesisDoctJohCa.pdf
- 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. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134112597007>
- Faraday, M. (2004). *La historia química de una vela*. (G. Rojas y J. Fernández, Trads.). Nivola. (Trabajo original publicado en 1861).
- 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 <https://www.redalyc.org/pdf/274/27417104.pdf>

- 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*. Graó.
- 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*. Síntesis/ICE de la UAB.
- Kulgemeyer, C. & Riese, J. (2018). From professional knowledge to professional performance: the impact of CK and PCK on teaching quality in explaining situations. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(10), 1393–1418. <https://doi.org/10.1002/tea.21457>.
- Lavoisier, A. L. (2009). *Tratado elemental de química*. Maxtor.
- Martín-Díaz, M. J. (2013). Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 291–306.
- 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>
- 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. <https://doi.org/10.17227/ted.num24-1083>
- Moreland, J., Jones, A. y 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>
- Paredes-Arturo, N. M. (2018). *Aportes de la historia de la ciencia en la explicación científica escolar* [Tesis de doctorado Universidad de Nariño, Pasto, Colombia].
- Pereira, A., 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 and Education*, 25(3), 343–362. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9806-x>
- Quintanilla, M. (2006). La ciencia en la escuela: Un saber fascinante para aprender a ‘leer el mundo’. *Revista Pensamiento Educativo*, 39(2), 177-204. <https://www.pensamientoeducativo.uc.cl/index.php/pel/article/download/391/801>
- Sánchez, Germán Hugo, Quintero, Teresa y Lorenzo, María Gabriela. (2021). Características de las explicaciones docentes en clases universitarias de química. *Educación Química*, 32(2). DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.76992>
- Searle, J. (1990). *Actos de habla: ensayo de filosofía del lenguaje*. (L. Valdés, Trad.). Cátedra. (Trabajo original publicado en 1969).
- Tardif, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional* (P. Manzano, Trad.). Narcea.
- Yao, JX y Guo, YY (2018). Evidencia de validez para una progresión del aprendizaje de la explicación científica. *Revista de investigación en la enseñanza de las ciencias*, 55(2), 299–317. <https://doi.org/10.1002/tea.21420>.