

Interacciones discursivas en el trabajo didáctico con explicaciones. Un estudio de caso centrado en la estructura de las explicaciones científicas escolares

Discursive interactions in didactic work with explanations. A case study focused on the structure of school science explanations

Guillermo Cutrera¹, Marta Massa² y Silvia Stipcich³

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Educación Científica. Universidad Nacional de Mar del Plata. Funes 3350, CP 7600, Mar del Plata, Argentina.

²Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario. Avda. Pellegrini 250, CP 2000, Rosario, Argentina.

³Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Pinto 399, CP 7000, Tandil, Argentina

E-mail: guillecutrera@gmail.com

Recibido el 14 de agosto de 2020 | Aceptado el 9 de noviembre de 2020

Resumen

La capacidad de construir explicaciones lógicas y coherentes, basadas en principios científicos, es un aspecto central de la práctica científica escolar como actualmente se enfatiza en las reformas y estándares curriculares en todo el mundo. En este trabajo se presentan los resultados de una investigación acerca del trabajo didáctico con la estructura de las explicaciones durante instancias de puesta en común y de construcción conjunta con estudiantes en el aula. Se estudia el caso de una futura profesora durante su residencia docente en un aula de fisicoquímica. Se analizan las interacciones discursivas con los estudiantes y se caracterizan las estrategias discursivas utilizadas. Los resultados evidencian que las explicaciones producidas se expresan como narraciones caracterizadas por secuencias de eventos vinculados causalmente, aunque con debilidades en las conexiones macro-micro entre el hecho y la modelización.

Palabras clave: Estructura de explicaciones científicas; Niveles de conceptualización; Formación docente inicial.

Abstract

Ability to construct logical and coherent explanations, based on scientific principles, is a central aspect for school science practice as is currently emphasized in curriculum reforms and standards around the world. This paper presents the results of a research on didactic work with the structure of explanations during two instances in classroom: idea-sharing session and joint construction with students. The case of a future teacher during her teaching residency in a Physic chemistry classroom is studied. Discursive interactions are analyzed and discursive strategies, used in her interactions with students, are characterized. The results show that the explanations are expressed as narrations characterized by sequences of causally linked events, yet with weaknesses in the macro/micro connections between facts and modeling.

Keywords: Structure of scientific explanations, Levels of conceptualization, Initial teacher training.

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

I. INTRODUCCIÓN

En la educación científica se ha enfatizado acerca de la importancia que tiene que los estudiantes exploren las razones de un fenómeno y elaboren sus propias explicaciones (Braaten y Windschitl, 2011). Además, construir explicaciones científicas en aulas de ciencia es un componente central de las prácticas científicas escolares. En particular esta relevancia es recuperada al asumir a la construcción de explicaciones científicas escolares como una práctica epistémica central de las propuestas curriculares (Sandoval, 2003).

La comprensión y construcción de explicaciones científicas es un aspecto importante de la alfabetización científica escolar (Carlino, 2013; García-Carmona, 2013; Putra y Tang, 2018). Los textos de ciencia y el discurso científico en las aulas contienen una gran cantidad de explicaciones que los estudiantes necesitan aprender y comprender para el dominio del conocimiento del contenido (Wellington y Osborne, 2001). Las investigaciones en didáctica de las ciencias han encontrado varias dificultades en el trabajo de profesores y estudiantes con las explicaciones científicas escolares (Braaten y Windschitl, 2011; Sandoval, 2003). Entre estas dificultades se identifican las intervenciones docentes centradas en proporcionar a los estudiantes las explicaciones científicas en lugar de involucrarlos en su construcción mediante prácticas dialógicas.

La importancia de la explicación científica en las aulas de ciencias ha sido desarrollada en diversas investigaciones (Braaten y Windschitl, 2011; Osborne y Patterson, 2011; Windschitl, Thompson y Braaten, 2008) y recuperada, en particular, en los actuales diseños curriculares de la Provincia de Buenos Aires para la educación secundaria. Las investigaciones centradas en el discurso docente durante la explicación científica en las aulas han privilegiado el habla de profesores en ejercicio (McNeill, 2007; McNeill y Krajcik, 2007; Williams y Clement, 2015), siendo comparativamente menos frecuentes, e incluso prácticamente ausentes, aquellas centradas en el discurso de futuros docentes. En este contexto se inscribe este trabajo circunscripto al período de residencia de la formación docente inicial y durante el cual una futura docente debió abordar, entre los contenidos asignados por la profesora responsable del curso, la enseñanza de la explicación científica. En esta investigación estamos interesados en analizar cómo un futuro profesor vehiculiza discursivamente la construcción conjunta con los estudiantes de una explicación científica en un aula de fisicoquímica de la educación secundaria.

II. EXPLICACIONES EN EL AULA DE CIENCIA

Para Fang (2014) la alfabetización disciplinar es entendida como la capacidad de usar el lenguaje especializado, las representaciones y las prácticas discursivas en una determinada disciplina. Shanahan y Shanahan (2012) sostienen que es una forma de alfabetización avanzada. Los estudiantes no solo deben aprender el conocimiento conceptual de una ciencia sino también su lenguaje peculiar y su gramática (por ejemplo, el uso de vocabulario técnico preciso, cláusulas incrustadas y voz pasiva) (Fang, 2005).

La escritura, en particular, es una actividad importante en el aprendizaje de las ciencias. Alienta a los estudiantes a organizar su pensamiento antes de escribirlo y lo visibiliza. Un problema frecuente en las aulas de ciencias es que los estudiantes conocen los hechos y conceptos científicos relevantes, pero no pueden expresarlos por escrito (Lee y Fradd, 1996). El aprendizaje sobre ciencia escolar alcanzado no es suficiente si el estudiante no es capaz de comunicarlo verbalmente. La enseñanza de la escritura rara vez se observa en las aulas de ciencias, y mucho menos se da la oportunidad a los estudiantes de escribir de forma independiente, es decir, es escaso el énfasis en el desarrollo de la habilidad de escritura en las prácticas de enseñanza y de aprendizaje de la ciencia escolar (Tang, 2016). Consideramos que la enseñanza de la construcción de explicaciones científicas en el aula contribuye a tal desarrollo, vehiculizando el hablar y escribir en ciencia (Lemke, 2004), a partir del empleo del vocabulario específico y, especialmente, de las relaciones semánticas entre términos del lenguaje especializado, como género discursivo propio de la comunicación científica.

En el campo de la investigación en enseñanza de las ciencias se han propuesto diferentes modelos de explicación científica. Algunos enfoques están basados en el modelo argumentativo de Toulmin (2003) (Osborne, Erduran y Simon, 2004); otros, en el modelo para el trabajo con explicaciones científicas propuesto por Sandoval (Sandoval, 2003; Sandoval y Millwood, 2005) y, más recientemente, algunos utilizan la estrategia didáctica para la construcción de explicaciones científicas propuesta por Tang (2015) que diferencia tres componentes de una explicación científica: (1) premisa –un principio o hecho aceptado que proporciona la base de la explicación–, (2) razonamiento –secuencia lógica que sigue a la premisa y (3) resultado –fenómeno a ser explicado–.

Entendemos a la explicación, en las clases de ciencias, como una actividad verbal metacognitiva, construida dialógicamente y cuyo propósito es demostrar conocimiento científico (de Lira, 2015). Asumiendo la explicación como una práctica discursiva y, por lo tanto, una actividad interactiva que involucra aspectos cognitivos, sociales,

lingüísticos, didácticos y afectivos, es necesario observar la adecuación del contenido y la orientación de la interacción, en cualquier caso, desde el manejo del discurso. Ogborn, Kress y Martins (1996) entienden las explicaciones científicas como análogas a las narraciones. Esto presupone imaginar protagonistas, caracterizados por sus habilidades y especificidades, que juntos participan en una serie de eventos, cuyo desarrollo y cuyas consecuencias derivan de la naturaleza de estos protagonistas (electrones, genes, etc.).

Las explicaciones científicas construidas por los estudiantes pueden ser analizadas considerando su función, forma y nivel (Yeo y Gilbert, 2014; 2017):

- la función de la explicación está vinculada con el tipo de pregunta a la cual se busca dar respuesta, es decir, requiere que el estudiante reconozca el propósito o el contexto en el cual se enmarca la cuestión de manera que sea significativa en la trama del discurso científico. Para estos autores, dada la naturaleza de la física, basada en leyes y teorías, las funciones más importantes de las explicaciones científicas son las interpretativas y las causales;

- la forma -dimensión en la cual estamos interesados en este trabajo- refiere a la estructura de la explicación, es decir, a la manera en que sus diferentes partes se entrelazan. Pueden presentarse organizaciones estructurales diferentes, entre ellas: la causal que consiste en una identificación del fenómeno seguido de una secuencia temporal de eventos y aquella basada en leyes que involucra el enunciado de un principio con una posterior elaboración del principio para dar sentido a la ocurrencia de los eventos (Veel, 1997). En este contexto, las explicaciones científicas están organizadas en una secuencia lógica, marcada con la inserción de terminologías especializadas (Schleppegrell, 2004). Para Braaten y Windschitl (2011), la estructura causal elemental consiste en conectar la situación inicial del hecho con la final, mediante un encadenamiento de causas y efectos. La forma de una explicación se refiere, además, a las características del lenguaje utilizado. Los textos científicos se consideran un género con el que se asocian características lingüísticas específicas, no solo a nivel de microestructura, por ejemplo, innovaciones léxicas para crear terminología especializada (Halliday y Martin, 1993), sino también a nivel de macroestructura, es decir, la organización del texto en sí. Yeo y Gilbert (2017) sostienen que la forma no es solo una organización estructural requerida para explicar a otro mediante el habla o la escritura, sino que da cuenta de un proceso de construcción reflexiva del propio sujeto en su esfuerzo de integrar con coherencia la explicación;

- el nivel atiende a tres características de la explicación: la precisión, la abstracción y la complejidad. El uso de los términos empleados, la existencia o no de ambigüedad en el lenguaje, los tipos de modelos involucrados y los modos de presentar las evidencias y las justificaciones son aspectos a considerar en esta dimensión. Para que una explicación sea considerada satisfactoria ha de estar basada en un modelo científico conocido, debe ofrecer evidencias y justificaciones completas y las premisas han de ser utilizadas de una manera científicamente consistente.

Halliday y Martin (1993) enfatizan que la dificultad para comprender el lenguaje de la ciencia no solo existe en relación con los términos propios de la disciplina. Un lenguaje técnico va más allá de la definición de palabras específicas. Los términos científicos derivan su significado y valor de su organización taxonómica, lo que implica que las relaciones semánticas se vuelven centrales para comprender los conceptos de la ciencia (Lemke, 1990). La propuesta de distinción entre niveles de conceptualización –macroscópico y submicroscópico-, desarrollada por Taber (2013) a partir de la propuesta de Johnstone (1993), puede ser recuperada desde las prácticas de enseñanza para vehicular la construcción de relaciones semánticas. El uso didáctico de estos niveles se emplea en este trabajo en la construcción de explicaciones científicas escolares.

En las investigaciones en didáctica de las ciencias, el análisis de la estructura de las explicaciones en aulas de ciencia no ha recibido la misma atención que el correspondiente a su contenido conceptual (Yeo y Gilbert, 2017). Frecuentemente en las investigaciones sobre explicaciones la estructura es ofrecida por el profesor y empleada por los estudiantes como parte de dispositivos previamente elaborados (Tang, 2015).

Esta comunicación informa sobre el trabajo didáctico con la estructura de las explicaciones de fenómenos cotidianos ya sean construidas por los estudiantes o elaboradas de manera conjunta entre los estudiantes y la practicante¹ en instancias de puesta en común. Entendiendo a las estrategias discursivas docentes en términos de los movimientos discursivos que la residente desarrolla según diferentes propósitos didácticos, se identifican aquellas estrategias utilizadas por la futura profesora durante sus interacciones con los estudiantes durante el trabajo con explicaciones científicas escolares.

¹Los términos “practicante” y “residente” se utilizan como sinónimos.

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

III. METODOLOGÍA

La investigación se enmarca en una metodología cualitativa con el enfoque de un estudio instrumental de casos (Stake, 1995). Se estudia un caso único representado por una futura profesora universitaria durante el desarrollo de una secuencia didáctica centrada en la construcción de explicaciones científicas escolares en una clase de fisicoquímica en una institución de educación secundaria de la Provincia de Buenos Aires. El caso fue seleccionado a partir de la posibilidad, ofrecida por el profesor responsable del curso, para un trabajo didáctico centrado en la enseñanza de explicaciones científicas escolares. El estudio se enfoca en la estructura de las explicaciones elaboradas en la interacción residente-estudiantes para el fenómeno correspondiente al agregado de una gota de tinta en agua en reposo (*"La idea es, yo voy a colocar una gota de tinta acá y ustedes van a observar qué es lo que sucede ¿Todos ven desde acá?"*; línea 14)². Las unidades de análisis son episodios de clase con los intercambios discursivos durante instancias de puesta en común y construcción de explicaciones entre estudiantes y practicante.

En el inicio de la clase la residente propone el trabajo con un fenómeno cotidiano. La clase fue grabada en audio y video. Los registros de audio del discurso fueron divididos en ocho episodios considerando el cambio de actividad de estudiantes y residente (Lemke, 1997). Se realizó una transcripción a texto completo de cada episodio. La delimitación de estos últimos fue realizada por la practicante durante una instancia de socialización de su práctica con otros compañeros y con el profesor a cargo de la residencia y es la que recuperamos en este trabajo. Los episodios analizados correspondieron a aquellos que, en el contexto de la totalidad de la clase, residente y estudiantes trabajaron conjuntamente con explicaciones del fenómeno. El trabajo didáctico con la estructura de las explicaciones se desarrolló durante los episodios 4 (líneas 301-348), 6 (líneas 384-422) y 8 (líneas 468-577): los dos primeros, durante la puesta en común de explicaciones elaboradas por los estudiantes; el tercero en la instancia de construcción conjunta con los estudiantes.

Cada episodio fue analizado utilizando una primera instancia de codificación abierta para permitir la emergencia de categorías asociadas a fragmentos de intercambios discursivos en los que se trabajó didácticamente con la estructura de las explicaciones. El proceso cualitativo se desarrolló considerando tanto relaciones de similitud como de contigüidad entre fragmentos codificados (Maxwell y Miller, 2008). Para el análisis de la estructura de la explicación se consideraron tres aspectos: la secuencia de eventos indicados, la secuencia lógica implicada y los términos específicos utilizados. Para el tratamiento de los datos se construyeron matrices de codificación por categorías para obtener fragmentos de interés.

IV. ANÁLISIS EPISÓDICO

Al inicio de esta clase, durante el segundo episodio, la residente muestra a los estudiantes el fenómeno a analizar y guía una serie de intercambios centrados en su descripción:

14. P: [...] *La idea es, yo voy a colocar una gota de tinta acá y ustedes van a observar qué es lo que sucede ¿Todos ven desde acá?*
15. Grupo: Sí.
16. P: *¿Qué es lo que sucede?*
17. A: *Se fue para abajo* (varios estudiantes).
18. P: *Primero se va para abajo. ¿Y luego?*
19. A: *Se queda quieta.*
20. A: *Sube.*
21. P: *Se va tiñendo el agua, se va coloreando el agua de a poco, ¿sí?*
22. A: *Como las burbujitas de las cosas que hacíamos ¿?* (0:03:15)
23. P: *Sí... Sí... ya vamos a ver ese tema más adelante. Ahora fíjense que, si yo lo voy agitando, ¿qué sucede? No quiero agitarlo mucho porque voy a hacer lío...*
24. A: *Se va tiñendo más.*
25. P: *Se tiñe más, ¿hasta llegar a qué punto? ¿Qué piensan que puede llegar a pasar?*

La practicante habilita las interpretaciones de los estudiantes (*"¿Qué es lo que sucede?"*, línea 16) guiando la lectura fenoménica del evento (*"se queda quieta"*, línea 19; *"Sube"*, línea 20; *"Se va tiñendo más"*, línea 24), solicitando anticipaciones (*"Se tiñe más, ¿hasta llegar a qué punto? ¿Qué piensan que puede llegar a pasar?"*,

²Entre paréntesis se indica la línea correspondiente a la intervención en la transcripción de la clase.

línea 25) y guiando la observación de los estudiantes (“*Se va tiñendo el agua, se va coloreando el agua de a poco, ¿sí?*”, línea 21). Durante este episodio los intercambios discursivos se delimitan en una alta contextualización del contenido.

Seguidamente la residente solicita a los estudiantes que elaboren una explicación del fenómeno (“*Ahora ustedes armen una explicación. Yo les voy a ir ayudando por los bancos, ¿sí? si tienen alguna duda yo les voy dando un pie como para que puedan ir avanzando*”; línea 37). Durante el siguiente episodio en el que se dividió la clase (episodio 2), los estudiantes, en pequeños grupos, elaboran explicaciones científicas del fenómeno. Seguidamente se desarrolla una instancia de puesta en común de las explicaciones elaboradas por los grupos de estudiantes.

En el tercer episodio de la clase, la residente propone la explicación del fenómeno (“*¿Alguien que me tire alguna idea cómo empiezo? ¿Alguien que me tire alguna idea? ¿Cómo pueden empezar?*”, línea 69) e inicia la construcción conjunta de la explicación.

El episodio 4 está centrado en la instancia de puesta en común de una de las explicaciones elaboradas por los estudiantes (“... *en un líquido colocamos una gota de tinta. Las partículas de la misma aumentan la velocidad media provocando el aumento de sus movimientos y de esa forma el agua toma un color uniforme...*”, línea 301). El trabajo didáctico de la practicante con la estructura de la explicación se expresó con dos modalidades de intervenciones. La primera de ellas, y con la mayor frecuencia durante este episodio (n= 4), consistió en intervenciones discursivas centradas en organizar eventos inscriptos en una secuencia temporal, procurando sostener la narrativa de la explicación, ya sea para proporcionar orientaciones sin recurrir a referencias explícitas a términos asociados a un nivel de conceptualización microscópico (“*Claro, muy bien, en un líquido, o sea, en agua... colocamos una gota de tinta. Bien. ¿Qué más podemos decir?*”, línea 304), como para promover la revisión de algunas ideas introducidas (“*aumento de la velocidad*”) como se ejemplifica en el siguiente intercambio³:

308. P: *¿A qué se debe un aumento de la velocidad de las partículas?*

309. A: *A la alta temperatura.*

310. P: *¿Se modificó la temperatura?*

311. A: *No.*

312. P: *¿Entonces?*

La segunda modalidad consistió en orientar, a los estudiantes, en la organización de los eventos a partir de la consideración de los niveles de conceptualización. Si bien con una menor frecuencia (n= 1), a partir de esta modalidad de trabajo con la estructura de la explicación, la residente guio la lectura de la explicación ordenando la narrativa a partir de una secuencia de niveles (“*Bien. ¿Quedó claro está? Acá tenemos, empezamos con macro, continuamos con micro y terminamos nuevamente con macro. ¿Pero qué pasa acá? ¿Están bien usados los conceptos micro del modelo?*”, línea 347). Esta última modalidad en el trabajo con la estructura ejemplifica la nueva estrategia discursiva –referir a la estructura en términos de niveles de conceptualización–.

En el episodio 6 se trabaja con la explicación elaborada por otro grupo (línea 384):

384. P: Dice:

En un vaso con agua colocamos una gota de tinta y sus partículas comenzaron a chocar entre sí y contra las paredes del recipiente que las contiene ya que aumentó la velocidad. Eso hizo que el agua y la tinta se mezclen. Bien. Levanten la mano. ¿Eh? (Intervención confusa de varios estudiantes) *Ah, ¿el aumento de velocidad?*

385. A: *No va.*

386. P: *No va. ¿Por qué no va?*

387. A: *Porque no aumentó la temperatura.*

Se registró una participación espontánea de los estudiantes en la identificación de expresiones no pertinentes en el análisis de la explicación elaborada por este grupo, como consecuencia de lo trabajado en el episodio 4. Las intervenciones de la residente entre este episodio y el anterior (episodio 4) presentan diferencias. Su participación se orienta ahora a promover la justificación de las objeciones realizadas por los estudiantes con relación a la explicación analizada (línea 386). Las explicaciones analizadas en ambos episodios no recibieron la misma atención didáctica por parte de la residente, por cuanto se observa una reducción de estrategias discursivas en este último episodio. El mayor énfasis lo puso en el trabajo con el contenido de la explicación recurriendo al modelo científico escolar, a partir de la consideración de términos ausentes en la explicación o en la consideración de relaciones semánticas presentes en el texto.

³No se diferencian los estudiantes en la transcripción.

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

En la tabla I, de acuerdo con lo señalado por Tang (2015), se muestra la estructura de las explicaciones producidas por los dos grupos de estudiantes y analizadas en ambos episodios. Puede observarse que la situación inicial trabajada en el episodio 4 es más imprecisa que la del episodio 6 en el cual se involucra también al recipiente -al cual se lo tiene en cuenta para elaborar la trama semántica-, pero en ninguna de las explicaciones se señalan condiciones iniciales tales como: temperatura ambiente, agua en reposo, sobre las cuales puede entramarse la secuencia lógica con el empleo de las relaciones semánticas del modelo. Estas diferencias fueron atendidas durante los intercambios discursivos, según se indicara. También puede observarse que los enunciados que expresan las conclusiones de ambas explicaciones difieren en términos de la referencia a la característica observable que evidencia tal proceso (“color” en el episodio 4) o al proceso a explicar (“mezcla” en el episodio 6). Estas diferencias no fueron abordadas discursivamente por la practicante durante las instancias de puesta en común.

TABLA I. Estructura de las explicaciones analizadas en cada episodio (en la secuencia lógica se subrayan expresiones que se discuten en las conclusiones).

Episodio	Situación y condiciones iniciales (base de la explicación)	Razonamiento o-secuencia lógica (trama semántica)	Resultado o situación final (fenómeno a ser explicado)
4	En un líquido colocamos una gota de tinta	Las partículas de la misma <u>aumentan la velocidad media</u> provocando el <u>aumento de sus movimientos</u>	De esa forma el agua toma un color uniforme
6	En un vaso con agua colocamos una gota de tinta	...sus partículas <u>comenzaron a chocar</u> entre sí y contra las paredes del recipiente que las contiene <u>ya que aumentó la velocidad</u> .	Eso hizo que el agua y la tinta se mezclen

La tabla I evidencia que los estudiantes tienen conocimiento de una estructura básica de explicación y de la necesidad de recurrir a un modelo microscópico para dotar de significado al texto explicativo. La residente reconoce este grado de competencia lingüística y, finalizando la segunda de estas instancias de puesta en común (episodio 6), enfatiza en la posibilidad de diversas “formas” de construir la explicación de un fenómeno: “Fíjense que son diferentes formas de explicar el mismo fenómeno, que no hay una sola forma de hacerlo, ¿sí? Ustedes tienen que encontrar su forma. ¿Sí? Generalmente los conceptos se van a repetir, pero ustedes tienen que encontrar su manera”, línea 422).

En el episodio 8 la practicante recurre, nuevamente, a vehicular el trabajo didáctico para orientar la construcción de la secuencia de eventos proporcionando pistas conceptuales para establecer relaciones entre términos del modelo (línea 522). El enunciado de la situación inicial es realizado por los estudiantes reproduciendo la formulación del episodio 6.

Por otra parte, la construcción de esta secuencia fue guiada por intervenciones de la residente tendientes a recuperar eventos y reorganizarlos en la secuencia (línea 526). En el siguiente intercambio se ejemplifican ambas modalidades de intervención:

504. A: Al tener movimientos y velocidades, chocan.

505. P: Al tener movimiento y velocidades, chocan... sí... ¿Cómo lo podríamos poner un poquito mejor?

506. A: Gracias a un movimiento constante.

507. P: Más fuerte habló, porque no te escucho y los chicos tampoco.

508. A: Se mezclan gracias al movimiento de las partículas.

509. P: Se mezclan gracias al movimiento de las partículas.

510. A: Y las velocidades.

511. P: A ver, un poquito mejor redactado.

512. A: Las partículas del agua y las partículas de tinta, al estar en movimiento, chocan entre sí.

522. P: Al estar en movimiento chocan entre sí, produce que...

523. A: El agua se tiña.

524. P: Levanten la mano, acuérdense.

525. A: Que el agua se tiña del color de la tinta.

526. P: ¿Antes de que se tiña?

Finalizando el episodio 8 la practicante propone un reconocimiento de la estructura desde la consideración de los niveles (“Y nada más. ¿Sí? ¿Queda claro? Empezamos con macro, seguimos con micro, terminamos con

macro, ¿sí?”, línea 577), siendo esta la única intervención que ejemplifica la estrategia correspondiente al trabajo con la estructura en términos de niveles de conceptualización.

En la figura 1 se presentan las categorías (y sus significados) correspondientes a las estrategias discursivas de la practicante construidas para el análisis de contenido.

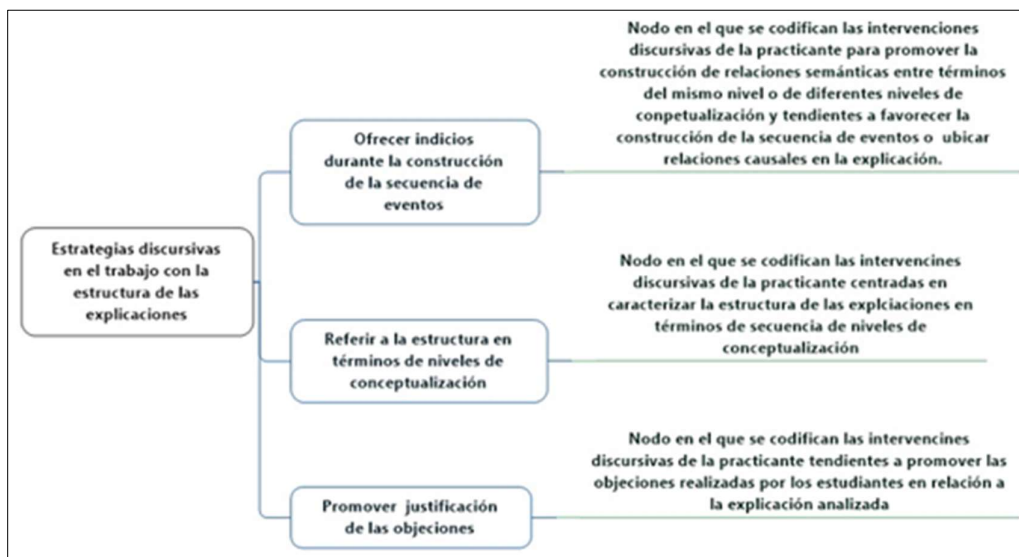


FIGURA 1. Estrategias discursivas utilizadas por la practicante durante el trabajo con la estructura de las explicaciones.

La explicación elaborada conjuntamente durante el episodio 8 se muestra en la figura 2. Los intercambios discursivos que la acompañaron se pueden caracterizar por instancias según las fuerzas relativas en los procesos de contextualización y descontextualización (Cutrera, Massa y Stipcich, 2019) durante el trabajo con las relaciones semánticas propias del modelo científico escolar. La estructura de la explicación elaborada muestra la secuencia comenzando con la referencia a la situación inicial (“En un vaso con agua colocamos una gota de tinta”), continúa con el trabajo semántico entre términos del modelo científico escolar y finaliza con el enunciado correspondiente a la conclusión de la explicación (“el agua se colorea”). El contenido del episodio 8 se caracteriza por frecuencias de interacciones disímiles según la instancia considerada: una única intervención de la practicante define la construcción de la situación inicial; las siguientes instancias se construyeron durante secuencias extendidas de intercambios, siendo particularmente mayor (en cuanto a la cantidad de intercambios) la del enunciado de la conclusión. Como aconteciera en las instancias de puesta en común, cada una de ellas no recibió la misma atención didáctica de parte de la residente, siendo especialmente notoria esta diferencia en su trabajo con la conclusión de la explicación durante este episodio, respecto de los correspondientes a las puestas en común. Los intercambios discursivos centrados en el trabajo con la explicación son más frecuentes en el cuarto episodio (n= 5) que en el octavo (n=3).

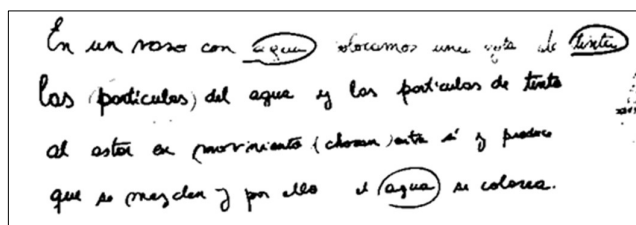


FIGURA 2. Explicación elaborada entre practicante y estudiantes durante el episodio 8.

La practicante finaliza el episodio 8 con una breve lectura interpretativa de la explicación en términos de su estructura dada por la secuencia temporal en los niveles de representación (“Empezamos con macro, seguimos con micro, terminamos con macro, ¿sí?”, línea 583). La identificación de niveles de representación propuesta

por la residente es una lectura de la explicación en términos de los niveles de conceptualización involucrados en el reconocimiento explícito de la secuencia. Esta identificación evidenciaría la importancia de establecer una secuencia temporal de eventos en la explicación que se inicien con la descripción de aspectos relevantes del fenómeno, transiten luego por las relaciones semánticas del modelo submicroscópico y finalicen con la ocurrencia del fenómeno a explicar.

V. CONCLUSIONES

La enseñanza de las explicaciones científicas en el aula de ciencia conlleva, necesariamente, el trabajo con su estructura. Cuando el profesor orienta la construcción de una explicación, no solo considera las relaciones semánticas entre términos propios de los niveles de conceptualización (micro y macroscópico), es decir, el “patrón temático” disciplinar en términos de Lemke (1997), sino que también tiene en cuenta el trabajo con la estructura de la explicación. Así el profesor es, también, un “profesor de lengua” (Bargalló, 2005). Sin embargo, el trabajo con la estructura de la explicación no es a menudo considerado en forma explícita por el docente. De hecho, la futura docente, en nuestro caso de estudio, destaca en su diario de clase, concluida la misma: “*el tratamiento de las explicaciones no consideró el trabajo con la estructura*”. No obstante, las categorías construidas en esta investigación permitieron evidenciar un trabajo implícito con la misma que, durante las clases siguientes, devino en explícito.

Así, es posible leer a las explicaciones analizadas por la residente durante el trabajo en el aula como narraciones caracterizadas por secuencias de eventos vinculados causalmente. En términos de las categorías elaboradas, la relacionada con la construcción de eventos o situaciones es propia de las intervenciones discursivas de la residente vinculadas al desarrollo de relaciones semánticas en términos de cada nivel o entre ambos. Las intervenciones que ejemplifican esta estrategia permiten tanto el desarrollo de la narrativa científica (en tanto secuencia temporal de eventos) como estructurar esta narrativa en términos de secuencia de eventos vinculados por relaciones causales entre niveles. Los indicios de la practicante se relacionaron con el establecimiento de estos vínculos sin hacer explícita su naturaleza causal. Sin embargo, se pudo observar que los vínculos entre el nivel de conceptualización macroscópico con el submicroscópico del modelo cinético de la materia, son débiles: la secuencia se expresa en términos de las entidades de la situación inicial (agua en un vaso – gota de tinta), y de los protagonistas (Ogborn *et al.*, 1996) pertenecientes al modelo científico escolar; no se explicitan las condiciones iniciales de las entidades (agua en reposo – temperatura constante) que restringen las posibles relaciones semánticas con los cambios inferidos en las partículas del sistema modelado como soporte de la explicación. Como se muestra en la tabla I, las tramas semánticas de las explicaciones elaboradas por los dos grupos, señalan cambios atribuidos a las partículas (“*umentan la velocidad media*”, “*umento de sus movimientos*”, “*comenzaron a chocar*”, “*umentó la velocidad*”) que en la puesta en común se eliminan al entender que no se logra sostener involucrando la temperatura (líneas 309 a 311 y línea 387). La explicación construida en forma conjunta (episodio 8) podría haber indicado tales condiciones iniciales para resaltar que la explicación de este fenómeno solo es posible si se asume y se acepta el supuesto de movimiento constante⁴ de las partículas en el modelo cinético (“*Gracias a un movimiento constante*”, línea 506) aportado por un estudiante.

Por lo tanto, esta secuencia, identificada en el contenido de la explicación elaborada conjuntamente durante este episodio (episodio 8) presenta relación de continuidad con la inferida durante el análisis de las instancias de puesta en común: las explicaciones se inician con la referencia a condiciones iniciales de la ocurrencia del fenómeno, continúan con el trabajo semántico entre términos del modelo científico escolar y finalizan con el enunciado correspondiente a la conclusión de la explicación. Como se indicara oportunamente, estas instancias delimitan una estructura de las explicaciones.

Contextualizando el caso analizado en la secuencia de clases, la referencia de la practicante a la estructura de las explicaciones, inicialmente poco frecuente (clase 0, n= 2) aumentó durante el trabajo didáctico en las dos clases siguientes (clase 1, n= 7; clase 2, n=6). El trabajo de codificación abierta, desarrollado con estas clases, permitió elaborar una serie de categorías asociadas al trabajo con la estructura de las explicaciones durante las interacciones discursivas entre practicante y estudiantes. La referencia explícita a la estructura de las explicaciones en términos de niveles de conceptualización, fue la estrategia discursiva más frecuente en las intervenciones de la residente durante estas clases (n= 10). Durante la clase analizada en este trabajo la única referencia a la estructura ejemplificó esta estrategia (“*Bien. ¿Quedó claro ésta? Acá tenemos, empezamos con macro, continuamos con micro y terminamos nuevamente con macro. ¿Pero qué pasa acá? ¿Están bien usados los conceptos*

⁴Al que debió agregarse también el carácter de caótico.

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

micro del modelo?"; línea 347). En esta intervención la practicante no es explícita, aún, respecto del empleo de la secuencia definida en términos del ordenamiento de niveles con los estudiantes; proporciona una nueva lectura de una explicación elaborada por los estudiantes, durante una de las instancias de puesta en común (episodio 4, clase 0). Además, en esta misma clase, durante las instancias de puesta en común, señala una característica emergente de su comparación: la diversidad, refiriendo a que 'encontrar la forma' de explicar. En este contexto, la lectura que ofreciera de la estructura en términos de secuencia de niveles podría ser interpretada como una entre otras formas posibles de elaborar la explicación ("*Fijense que son diferentes formas de explicar el mismo fenómeno, que no hay una sola forma de hacerlo, ¿sí? Ustedes tienen que encontrar su forma. ¿Sí? Generalmente los conceptos se van a repetir, pero ustedes tienen que encontrar su manera*"; línea 422).

En el caso analizado, si bien la residente explícita no haber trabajado intencionalmente sobre la estructura, se advierte que es entendida por ella, implícitamente, tanto en términos del ordenamiento de la secuencia de eventos como de la conexión de eventos por vínculos causales. Si bien enfatiza la necesidad de una sucesión de niveles de conceptualización ("*Empezamos con macro, seguimos con micro, terminamos con macro, ¿sí?*", línea 583), se evidencian debilidades para establecer las conexiones macro-micro entre el hecho y la modelización. Consideramos que la identificación de estos aspectos en situaciones de aula es relevante para el trabajo con las explicaciones científicas escolares ya que el foco de atención recae en el proceso de construcción y justificación del conocimiento *in situ* por parte de los estudiantes y la participación del profesor en este proceso. La enseñanza de las explicaciones científicas escolares requiere de su aprendizaje de parte de los docentes; en este sentido, la formación inicial docente debería posibilitar instancias de objetivación de su trabajo didáctico en el aula. A partir de los resultados presentados en esta investigación, el análisis de las intervenciones discursivas de los futuros profesores ofrecería un acceso privilegiado para la reflexión didáctica con explicaciones científicas escolares en aulas de ciencia.

REFERENCIAS

- Bargalló, C. M. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. *Educar*, (abril-junio).
- Braaten, M. y Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95(4), 639-669.
- Carlino, P. (2013). Alfabetización académica diez años después. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 18(57), 355-381.
- Cutrerá, G., Massa, M. y Stipich, S. (2019). Contextualización del discurso docente y explicaciones científicas en el aula de ciencia. Un estudio de caso durante la residencia docente. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 251-258.
- de Lira, M. R. (2015). A explicação nas aulas de ciências naturais no entendimento dos estudantes do 6º ano do ensino fundamental. Presentado al II CONEDU Congresso nacional de educação, Campina Grande. Brasil. 14 a 17 de octubre.
- Fang, Z. (2005). Scientific literacy: A systemic functional linguistics perspective. *Science Education*, 89(2), 335-347.
- Fang, Z. (2014). Preparing content area teachers for disciplinary literacy instruction: The role of literacy teacher educators. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 57(6), 444-448.
- García-Carmona, A. (2013). Educación científica y competencias docentes: Análisis de las reflexiones de futuros profesores de Física y Química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10.
- Halliday, M. y Martin, J. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. Washington, D.C.: The Falmer Press.
- Johnstone, A. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *J. Chem. Educ.*, 70(9), 701.
- Lee, O. y Fradd, S. H. (1996). Literacy skills in science learning among linguistically diverse students. *Science Education*, 80(6), 651-671.
- www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Lemke, J. (2004). The literacies of science. *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives on theory and practice*, 33-47.
- Maxwell, J. A. y Miller, B. A. (2008). Categorizing and connecting strategies in qualitative data analysis. In *Handbook of emergent methods* (pp. 461-477).
- McNeill, K. L. (2007). The role of the teacher in supporting students in writing scientific explanations. Presentado al *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, New Orleans, LA.
- McNeill, K. L. y Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. En M. C. Lovett y P. Shah (Eds.), *Carnegie Mellon symposia on cognition. Thinking with data* (233-265). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Ogborn, J., Kress, G. y Martins, I. (1996). *Explaining science in the classroom*. UK: McGraw-Hill Education.
- Osborne, J., Erduran, S. y Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of research in science teaching*, 41(10), 994-1020.
- Osborne, J. F. y Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627-638.
- Putra, G. B. S. y Tang, K.-S. (2018). Supporting Scientific Report Writing in a Chemistry Classroom. En *Science Education Research and Practice in Asia-Pacific and Beyond* (53-67): Springer.
- Sandoval, W. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51.
- Sandoval, W. A. y Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and instruction*, 23(1), 23-55.
- Schleppegrell, M. J. (2004). *The language of schooling: A functional linguistics perspective*: Routledge.
- Shanahan, T. y Shanahan, C. (2012). What is disciplinary literacy and why does it matter? *Topics in language disorders*, 32(1), 7-18.
- Stake, R. (1995). *The art of case study research*. Sage.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 14(2), 156-168. doi:10.1039/c3rp00012e
- Tang, K.-S. (2015). The PRO instructional strategy in the construction of scientific explanations. *Teaching Science*, 61(4), 14.
- Tang, K.-S. (2016). How is disciplinary literacy addressed in the Science classroom?: A Singaporean case study. *The Australian Journal of Language and Literacy*, 39(3), 220.
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. Cambridge university press.
- Veel, R. (1997). Learning how to mean—scientifically speaking: Apprenticeship into scientific discourse in the secondary school. In F. Christie y J. R. Martin (Eds.), *Genre and institutions: Social processes in the workplace and school* (161-195). London: Continuum.
- Wellington, J. y Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham: Open University Press.

Williams, G. y Clement, J. (2015). Identifying multiple levels of discussion-based teaching strategies for constructing scientific models. *International Journal of Science Education*, 37(1), 82-107.

Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.

Yeo, J. y Gilbert, J. K. (2014). Constructing a scientific explanation - A narrative account. *International Journal of Science Education*, 36(11), 1902-1935.

Yeo, J. y Gilbert, J. K. (2017). The Role of Representations in Students' Explanations of Four Phenomena in Physics: Dynamics, Thermal Physics, Electromagnetic Induction and Superposition. En D. Treagust, R. Duit y H. E. Fischer (Ed.). *Multiple Representations in Physics Education* (255-287). Springer.