



CONCEPTUALIZACIÓN Y GRAVEDAD SEMÁNTICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES CIENTÍFICAS EN LA CLASE DE FISICOQUÍMICA: UN ESTUDIO DE CASO

CONCEPTUALIZATION AND SEMANTIC GRAVITY IN THE CONSTRUCTION OF SCIENTIFIC EXPLANATIONS IN A SCIENCE CLASSROOM: A CASE STUDY

CONCEPTUALIZAÇÃO E GRAVIDADE SEMÂNTICA NA CONSTRUÇÃO DE EXPLICAÇÕES CIENTÍFICAS EM UMA AULA DE CIÊNCIAS: UM ESTUDO DE CASO

Guillermo Cutrera*,  Marta Massa**,  y Silvia Stipcich*** 

Cómo citar este artículo: Cutrera, G., Massa, M. y Stipcich, S. (2021). Conceptualización y gravedad semántica en la construcción de explicaciones científicas en un aula de fisicoquímica. Un estudio de caso. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 16(1), 115-127. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.15534>

Resumen

La construcción y la comprensión de las explicaciones científicas escolares constituyen dos propósitos centrales en la alfabetización científica. La misma requiere que los estudiantes puedan participar en discursos y prácticas científicas escolares. Las prácticas de enseñanza, en este contexto, adquieren centralidad para la adquisición de nuevas formas de saber, hacer y hablar ciencia por los estudiantes. Con estas consideraciones en este artículo se analiza el discurso docente de una futura profesora de Química cuando trabaja en la construcción conjunta con los estudiantes de explicaciones correspondientes a un fenómeno cotidiano. El discurso es interpretado desde los niveles de conceptualización de la materia y la noción de gravedad semántica. La investigación se enmarca en una perspectiva cualitativa, desde el enfoque de estudio de casos. Se elabora un sistema de categorías asociado a cada una de las dimensiones de análisis -niveles de conceptualización de la materia y la noción de gravedad semántica-. El análisis muestra que, en el episodio estudiado, los intercambios discursivos transitan entre diferentes categorías correspondientes a la gravedad semántica. Así, la transición de una conceptualización en el nivel macroscópico a una centrada en el nivel submicroscópico, se relaciona con una disminución en la gravedad semántica. Finalmente se discuten algunas implicaciones para la enseñanza.

Palabras Clave: explicación científica; enseñanza secundaria; gravedad semántica; formación de profesores; niveles de conceptualización.

Recibido: 09 de noviembre de 2019; aprobado: 29 de mayo de 2020

* Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8452-4538>

** Universidad Nacional de Rosario. [m massa@fceia.unr.edu.ar](mailto:massa@fceia.unr.edu.ar) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8102-0614>

*** Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. silcich@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9437-2109>

Abstract

The construction and understanding of academic scientific explanations constitute two central purposes in scientific literacy. It requires the students' ability to participate in academic scientific discourses and practices. In this context, the teaching practices become a central element in the acquisition of new forms of understanding, making, and talking about science by students. Based on these considerations, this article analyzes the discourse of a future Chemistry teacher during the construction, with the students, of explanations related to an everyday phenomenon. The discourse is interpreted from the levels of conceptualization of matter and the notion of semantic gravity. The research is carried out from a qualitative point of view, adopting a case study approach. A system of categories linked to every analytical dimension -levels of conceptualization of matter and notion of semantic gravity- is developed. The analysis shows that, in the episode studied, the discursive exchanges transit between different categories corresponding to the semantic gravity. Thus, the transition from a conceptualization at the macroscopic level to one centered at the submicroscopic level is related to a decrease in semantic gravity. Finally, some teaching implications are being discussed.

Keywords: literacy; learning; opinion; primary education; sciences and technology; teaching.

Resumo

A construção e o entendimento das explicações científicas acadêmicas constituem dois propósitos centrais na alfabetização científica. Requer a capacidade dos alunos de participar em discursos e práticas científicas acadêmicas. Nesse contexto, as práticas de ensino tornam-se um elemento central na aquisição de novas formas de compreensão, construção e conversação sobre ciências pelos alunos. Com base nessas considerações, este artigo analisa o discurso de uma futura professora de Química durante o desenvolvimento conjunto com os alunos de explicações relacionadas com um fenômeno cotidiano. O discurso é interpretado a partir dos níveis de conceituação da matéria e da noção de gravidade semântica. A pesquisa é realizada sob um ponto de vista qualitativo, adotando uma abordagem de estudo de caso. Um sistema de categorias vinculadas a todas as dimensões analíticas - níveis de conceituação da matéria e noção de gravidade semântica - é desenvolvido. A análise mostra que, no episódio estudado, as trocas discursivas transitam entre diferentes categorias correspondentes à gravidade semântica. Assim, a transição de uma conceptualização no nível macroscópico para uma centrada no nível submicroscópico está relacionada a uma diminuição da gravidade semântica. Finalmente, algumas implicações no ensino estão sendo discutidas.

Palavras chave: prática científica escolar; discurso do professor; gravidade semântica; níveis de conceituação.

1. Introducción

La construcción y la comprensión de las explicaciones científicas constituyen dos propósitos centrales en la alfabetización científica. Como oportunamente anticipaba HORWOOD (1988):

Hasta ahora, se ha pensado en el profesor de ciencias como alguien que [presenta] explicaciones elaboradas por otros para una mayor comprensión de los alumnos. Pasamos ahora a considerar la cuestión de hasta qué punto los profesores de ciencias deben enseñar a los alumnos a ser capaces de juzgar esas explicaciones y ser capaces de desarrollar explicaciones por sí mismos. (p. 48)

Este tipo de alfabetización requiere que los estudiantes puedan participar en discursos y prácticas científicas escolares: “El aprendizaje de la ciencia involucra a los estudiantes en una forma diferente de pensar y explicar el mundo natural; socializarse en las prácticas de la comunidad científica [...] formas de ver y formas de apoyar sus afirmaciones de conocimiento” (DRIVER, et al., 1994, p. 8). Participar en estos discursos y prácticas de la ciencia suele constituir un obstáculo para los estudiantes de secundaria (KRAJCIK, et al., 1998). Las prácticas de enseñanza, en este contexto, adquieren centralidad en la adquisición de nuevas formas de saber, hacer y hablar ciencia por los estudiantes. Sin embargo, la propia experiencia de los autores en la formación de grado de profesores (formación inicial) o en cursos de actualización (formación continua o en servicio) ha dado evidencia que los docentes suelen utilizar la explicación, a partir de diferentes modelos científicos escolares, presuponiendo que los estudiantes comparten su familiaridad con la misma y que no es necesario abordar didácticamente la enseñanza de la explicación científica en el aula. Esto constituye un problema en la comprensión de los contenidos de la ciencia escolar. En este sentido, ayudar a los estudiantes a participar en esta práctica puede contribuir a cambiar su visión acerca de la ciencia transitando hacia perspectivas consensuadas relativas a la actividad científica (MCNEILL, KRAJCIK, 2008), pero requiere profundizar acerca de la manera en

que se enseña a explicar, esto es, a construir explicaciones científicas escolares.

Las explicaciones científicas en aulas de ciencia han sido consideradas en la investigación didáctica recientemente, centrando la atención en la elaboración e implementación de un dispositivo instruccional para andamiar la construcción de explicaciones científicas de parte de los estudiantes (TANG, 2016, 2020; RAPP, TANG, 2018). Por otra parte, si bien el discurso docente, como mediador de los aprendizajes, ha sido objeto de numerosas investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias, comparativamente, ha recibido escasa atención durante la construcción de explicaciones científicas en las aulas de ciencia. En este trabajo se presenta un avance de una investigación centrada en el análisis de explicaciones científicas escolares desde la perspectiva de los niveles de conceptualización propuesta por TABER (2013a) y la de los códigos semánticos elaborada por MATON (2013a). En el contexto de estas últimas propuestas, el propósito del presente trabajo es analizar el discurso docente durante el desarrollo de explicaciones científicas escolares en aulas de la educación secundaria desde el empleo discursivo de los niveles de conceptualización y la noción de gravedad semántica. En particular, la atención es centrada en analizar cómo la futura docente guía la revisión de una explicación elaborada por un grupo de estudiantes, durante una instancia de puesta en común.

2. Lenguaje y enseñanza de las ciencias

La palabra, como signo y principal agente de abstracción y generalización, asume un papel central como mediadora en la formación de la conciencia y en la organización de las acciones, así como en la comprensión e interpretación de conceptos por parte de los sujetos (VOLOSHINOV, 2009). El lenguaje es entendido como acción e interacción; en el contexto del aula, los sujetos, al hablar, no sólo expresan su pensamiento o lo hacen con fines comunicativos, sino que, sobre todo, actúan unos sobre otros y producen conocimientos. El lenguaje,

entonces, es entendido como el principal instrumento de mediación semiótica (BAJTIN, 1982).

Siguiendo a SEPÚLVEDA, EL-HANI (2014), aprender ciencia no sólo se restringe a dominar definiciones de conceptos, sino que implica aprender cómo combinar los significados de los diferentes términos de acuerdo con los modos aceptados de hablar en las ciencias. De esta forma, el aprendizaje de la ciencia es visto como una tarea semejante al aprendizaje de un lenguaje conceptualmente especializado. Según LEMKE (1997), para hablar o escribir ciencia es necesario conocer tanto el patrón temático como el patrón estructural del discurso empleado. Como sostienen GILBERT, BOULTER, RUTHERFORD (1998a): "Los estudiantes podrán elaborar explicaciones [...] solo si saben qué es una explicación" (p. 194). Una explicación típicamente contiene verbos de acción y las acciones se organizan en una secuencia lógica de cláusulas sucesivas unidas coherentemente mediante conjunciones. Las funciones de las conjunciones no pueden subestimarse ya que estas son las palabras que construyen, desde un punto de vista lingüístico, la "lógica" de una explicación.

En este contexto, las prácticas de enseñanza y de aprendizaje deberían atender a esta doble dimensión que requiere considerar, además de las relaciones semánticas propias del modelo científico escolar, la estructura de la explicación. Esto es, reconocer a la explicación científica como un género discursivo que debe ser enseñado (BARGALLÓ, 2005). Es necesario que durante los aprendizajes de explicaciones científicas se les proporcione a los estudiantes prácticas para hablar, leer y escribir. Los estudiantes necesitan aprender a manejar herramientas semióticas específicas (por ejemplo, términos lingüísticos, géneros) cuando explican eventos de un fenómeno determinado (YEO, GILBERT, 2014). Sin embargo, en la escuela, hay pocas oportunidades para que los estudiantes expongan sus propias explicaciones intencionales o se apropien de la naturaleza de las explicaciones científicas (GILBERT, BOULTER, RUTHERFORD, 1998b).

Siguiendo a TABER (2009) los estudiantes deben construir sus aprendizajes en dos niveles diferentes

de conceptualización: uno, correspondiente a las descripciones, explicaciones, argumentaciones de los fenómenos conceptualizadas en el nivel macroscópico y, otro, correspondiente a su conceptualización en términos de los modelos teóricos propios del nivel submicroscópico. En este contexto, el autor diferencia la realidad fenoménica de ambos niveles considerando que aquella admite una doble interpretación, según los niveles macroscópico y submicroscópico (CAAMAÑO ROS, 2014). El lenguaje verbal es un vehículo privilegiado, particularmente en el formato escolar, para relacionar dichos niveles. En el uso naturalizado, no reflexivo, de este lenguaje suelen transmitirse relaciones equivocadas entre ambos niveles (BUCAT, MOCERINO, 2009).

En este trabajo, se considera a la explicación científica escolar como una práctica discursiva cuando el lenguaje utilizado es compartido por todos los involucrados en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, a partir de las situaciones de conocimiento contextualizadas y desarrolladas en el aula de ciencia. Por lo tanto, al afirmar que la explicación es una práctica discursiva, se asume que ella sucede en un contexto y es generada por la acción de las personas (BAJTIN, 1982). En esta perspectiva, el acto de explicar requiere de los profesores la responsabilidad de sistematizar los conceptos científicos y las formas de organización y de dar significado a ese conocimiento.

3. Dimensión semántica y la teoría de códigos de legitimación

La teoría del código de legitimación (LCT) es un marco multidimensional para investigar y dar forma a la práctica (GEORGIU, MATON, SHARMA, 2014). Dicha teoría fue elaborada a partir de los trabajos de Bernstein, Bourdieu y del realismo social (MATON, 2016; MATON, HOOD, SHAY, 2016). Se estructura en cinco dimensiones denominadas: autonomía, densidad, especialización, semántica y temporalidad. Estas dimensiones, en su conjunto, integran el mecanismo de legitimación (MATON, 2013b). En particular, la dimensión semántica de la LCT

explora la dependencia del contexto y la complejidad de las prácticas, disposiciones y contextos. La semántica indaga los principios organizativos de la gravedad semántica (dependencia del contexto) y la densidad semántica (complejidad) (MATON, HOWARD, 2018). Estos dos conceptos pueden ser empleados por separado o conjuntamente para explorar códigos semánticos.

La gravedad semántica (GS) se refiere al grado en que el significado se relaciona con su contexto y puede ser más fuerte (GS+) o más débil (GS-) a lo largo de un continuo que transita hacia grados crecientes de significado según aumenta este código. Cuando la gravedad semántica es más fuerte, el significado está más estrechamente relacionado con su contexto social o simbólico de adquisición o uso (MATON, 2011); cuando es más débil, el significado depende menos de su contexto (MATON, 2013b). Este continuo puede ser empleado, además, para describir procesos de aumento de la gravedad semántica, como pasar de ideas abstractas o generalizadas a casos concretos y delimitados, o de debilitamiento de la gravedad semántica, como pasar de las particularidades concretas de un caso específico a generalizaciones y abstracciones cuyos significados dependen menos de ese contexto (MATON, 2014). La distinción entre tipos de discursos propuesta por BERNSTEIN (2006) es recuperada en relación con la noción de "gravedad semántica" (CLARENCE, 2017). Los discursos horizontales se caracterizan como discursos dependientes del contexto y los discursos verticales como independientes del contexto. Las estructuras de conocimiento horizontales y jerárquicas se caracterizan por tener diversos grados de independencia de contexto (MATON, 2011). El "contexto" aquí es el dominio de lo empírico, es decir, de las experiencias específicas que constituyen las prácticas cotidianas de los individuos y las comunidades. BERNSTEIN (2006) sostiene que el discurso horizontal está organizado por segmentos; en otras palabras, sus significados dependen del contexto (MATON, 2016).

En contraste, los discursos verticales, particularmente las estructuras de conocimiento jerárquico,

están relacionados no de manera segmentaria sino por la integración de su significado mediante algún principio de coordinación (BERNSTEIN, 2006). Están especializados o legitimados, no por la experiencia, sino por su capacidad para crear proposiciones y teorías muy generales, que integran el conocimiento en niveles más bajos y, de esta, manera muestran uniformidades. Así, el movimiento crucial aquí es de significados dependientes del contexto a significados independientes del contexto; de generalizaciones empíricas a teóricas.

A partir de estas consideraciones, los diferentes discursos y estructuras de conocimiento (así como las estructuras curriculares y las formas de aprendizaje) se pueden replantear de una manera menos dicotómica al representar puntos en un continuo; es decir, como realizaciones de diferentes grados de gravedad semántica. El discurso vertical puede describirse como caracterizado por una gravedad semántica más débil que el discurso horizontal.

4. Metodología

La presente investigación se inscribe en el paradigma interpretativo-constructivista (GUBA, LINCOLN, 1994), orientada a comprender el significado de una experiencia (HARTLEY, 2004). Se enmarca en la modalidad de estudio de casos (STAKE, 2012). La etapa de la Residencia docente durante la formación inicial de los futuros profesores se desarrolla en una escuela secundaria destino. Los contenidos que aborda el o la residente en sus prácticas de enseñanza son señalados por el docente responsable del aula en la que transcurre la residencia. Frecuentemente el profesor de educación secundaria presupone que los estudiantes acceden al aula de ciencia sabiendo explicar (CABELLO, REAL, 2019; CHARALAMBOUS, HILL, BALL, 2011). Si se entiende al trabajo didáctico con explicaciones científicas escolares, en términos de prácticas pre-profesionales orientadas a la enseñanza de este género discursivo en las aulas de ciencia, entonces, la posibilidad para desarrollar tales prácticas durante la Residencia resulta limitada. El caso se ha seleccionado porque

el contenido asignado a la residente fue la construcción de explicaciones científicas escolares, lo cual lo convierte en peculiar y relevante para esta investigación.

Atendiendo al propósito planteado al inicio de este artículo, la investigación estuvo orientada específicamente a: identificar las estrategias discursivas utilizadas por la practicante para co-construir con los estudiantes la explicación de un fenómeno cotidiano; reconocer diferentes niveles de gravedad semántica por los que transita la explicación científica escolar.

Se recurrió a la observación de las clases a cargo de una residente del Profesorado en Química, con registro de audio y video para un posterior estudio de las transcripciones. Además, se registraron en audio las instancias de socialización entre pares de las que participó la practicante. Este trabajo, en particular, se centra en el análisis de la primera de una serie de ocho clases correspondientes a una secuencia didáctica que involucra el trabajo con explicaciones científicas escolares en aulas de fisicoquímica. Se trató de una clase previa al trabajo con las explicaciones de fenómenos cotidianos que involucran transformaciones gaseosas. Durante la misma, practicante y estudiantes trabajaron en la construcción conjunta de explicaciones correspondientes a un fenómeno cotidiano como es el agregado de una gota de tinta en agua. La clase fue dividida en ocho episodios definidos por el cambio de actividad de residente y estudiantes (LEMKE, 1997).

La clase se inició con el desarrollo de actividades pre-clase (episodio 1) y continuó con la presentación de una experiencia por la residente (episodio 2). Seguidamente los estudiantes elaboran en pequeños grupos una explicación del fenómeno mostrado (episodio 3) y luego se suceden diferentes instancias correspondientes a la puesta en común de cuatro de estas explicaciones (episodios 4 a 7 inclusive). La clase finaliza con la construcción conjunta practicante-estudiantes de una explicación del fenómeno (episodio 8). En este trabajo nos detenemos en el episodio delimitado por la puesta en común guiada por la practicante sobre una de las explicaciones

que los estudiantes realizaran en pequeños grupos. En el análisis de la transcripción de la clase se desarrolló una codificación abierta (MILES, HUBERMAN, SALDAÑA, 2013; STRAUSS, CORBIN, 1998) durante la cual se elaboraron categorías correspondientes para la gravedad semántica, resultantes de un proceso inductivo de codificación en el análisis línea a línea (SALDAÑA, 2015).

Análisis episódico

Al iniciar la clase 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?

Estos últimos intercambios ejemplifican el nivel de conceptualización en el que se desarrolla la descripción del fenómeno durante este episodio. La misma se mantiene, conceptualmente, en el discurso cotidiano, centrando la atención en los cambios perceptuales reconocidos en el evento. La practicante mantiene este nivel de conceptualización centrado en la singularidad del fenómeno. Esta descripción fenoménica privilegia intercambios discursivos caracterizados por permanecer en un nivel de gravedad semántica fuerte (GS+) con la mención por parte de los estudiantes de registros sensoriales de sentidos de movimientos (DOS SANTOS, MORTIMER, 2019). Al ser solicitada una predicción del evento, los estudiantes recurren a una interpretación cotidiana del fenómeno y la practicante, al solicitar respuestas, mantiene esta interpretación del fenómeno centrada en una GS+ al admitir características sensoriales

(gris, espesa):

29. P: ¿Qué es lo que va a suceder en toda la masa del líquido?

30. A: Se va a teñir (varios estudiantes).

31. A: Gris.

32. P: Y va a quedar...

33. A: Espesa.

34. A: Del mismo color.

35. P: Va a quedar todo del mismo color, exactamente [...]

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. A continuación, se selecciona una de ellas para el análisis (episodio 4).

Iniciando la puesta en común

En el inicio del episodio la practicante lee a los estudiantes la explicación copiada en el pizarrón, elaborada por uno de los grupos, y habilita luego los intercambios discursivos:

301. P: Vamos a ver el caso uno. Dice "en un líquido colocamos una gota de tinta. En las partículas de la misma aumenta la velocidad media provocando el aumento de sus movimientos y de esa forma el agua toma un color uniforme." Bien. ¿Qué les parece a ustedes? ¿Está correcto? ¿No está correcto? ¿Qué cambiarían?

302. A: Sí...

303. A: No, creo que habría que agregar agua. Podría ser otro líquido.

304. P: Claro, muy bien, en un líquido, o sea, en agua... colocamos una gota de tinta. Bien. ¿Qué más podemos decir?

305. A: El de aumenta la velocidad no es provocado porque solamente pusimos una gota de tinta.

306. P: Muy bien. ¿Por qué pensás que...? No sé si escucharon lo que dijo su compañera. Un poquito más fuerte decilo.

307. A: No creo que el aumento de velocidad se deba a que pusimos una gota de tinta.

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

309 A: A la alta temperatura (varios estudiantes)

310 P: ¿Se modificó la temperatura?

311 A: No (varios estudiantes).

312 P: ¿Entonces?

313 A: No es velocidad.

Dos intervenciones de estudiantes diferentes inician el desarrollo de esta instancia de puesta en común. La primera de estas intervenciones refiere al empleo del término "agua" en lugar del término "líquido" (A: "No, creo que habría que agregar agua. Podría ser otro líquido", línea 303). La segunda, ubica la conceptualización en el nivel submicroscópico ("El de aumenta la velocidad no es provocado porque solamente pusimos una gota de tinta", línea 305). Estas intervenciones delimitan intercambios discursivos caracterizados por una GS+ (en el primer caso) y una GS- (en el segundo). Las diferencias entre ambas modalidades para la GS se expresan en el aumento de la dependencia con el contexto concreto de desarrollo del fenómeno -en el primer caso- y debilitamiento en el segundo. Estas intervenciones ejemplifican las categorías emergentes definidas como "nivel cotidiano" (GSc) (en el primer caso) y "nivel submicroscópico" (GSsm) (en el segundo caso).

La intervención de la estudiante (línea 305) es retomada por la practicante recuperando una relación semántica propia del modelo corpuscular trabajado por los estudiantes con anterioridad ("P: ¿A qué se debe un aumento de la velocidad de las partículas?, línea 308), proponiendo una lectura del fenómeno desde una perspectiva submicroscópica descentrada de lo concreto, es decir, caracterizada por una GS-(GSsm-). La residente recupera, de ambas intervenciones de los estudiantes, aquella con menor GS,

posiblemente con la pretensión de dirigir la atención a que los estudiantes reconozcan que el fenómeno no debe interpretarse en términos de un cambio en la temperatura. Esta intención didáctica es la que guía la secuencia de intercambios durante esta primera parte del episodio. La residente acuerda con la respuesta del estudiante (línea 303) pero focaliza la continuidad de los intercambios discursivos en la siguiente intervención (línea 305) cuyo contenido debilita la GS y permite a la practicante ubicar la continuidad de los intercambios en el nivel de conceptualización microscópico. Esta decisión didáctica orienta la cadena de enunciaciones -entendida en sentido bajtiniano (DA PORTA, 2017)- durante esta primera parte.

A continuación, la practicante recupera el cuestionamiento iniciado por la estudiante (línea 305) a partir de una nueva pregunta (línea 308) que inicia un intercambio centrado en relaciones semánticas que involucran ambos niveles de conceptualización -macroscópico y submicroscópico-. La respuesta de algunos estudiantes (línea 309) introduce la interpretación del fenómeno en el nivel de conceptualización macroscópico y la pregunta siguiente de la residente (líneas 309-310) recontextualiza al contenido del intercambio discursivo. La descontextualización, que previamente caracterizó a estos intercambios transita a una recontextualización que se desarrolla al introducir un nuevo nivel de conceptualización que, si bien inicialmente permanece en un nivel de generalización (línea 309), se contextualiza finalmente en la lectura del fenómeno

por la explícita mención de la temperatura como referente empírico (GSsm+).

Durante estas últimas intervenciones la residente utiliza movimientos discursivos de descontextualización y conceptualización durante la lectura del fenómeno. Seguidamente ubica la atención de los estudiantes en una relación semántica de la explicación (línea 318) proponiendo la evaluación de la relación a los estudiantes:

318. P: Bien. Acá dice “las partículas de la misma aumenta ¿Qué? ¿Entonces?”

319. A: El movimiento.

320. P: ¿Aumenta el movimiento?

321. A: No. Las partículas...

322. P: De a uno chicos, porque si no, no escucho.

323. A: Claro. Las partículas rotan, chocan con las partículas del agua y se mezclan.

324. P: Sí, perfecto. Bien.

325. A: Las partículas, al haber movimientos, provocan el aumento de... provocan... provocan que el agua tome el color uniforme, sacando el del aumento del movimiento que no cambia la temperatura.

326. P: Claro.

Las respuestas de los estudiantes se mantienen en el nivel de conceptualización submicroscópico manteniendo relación con el fenómeno (GSsm+). Esta relación se presenta en dos niveles: por un lado, a partir del reconocimiento del tipo de partículas (“A: Claro. Las partículas rotan, chocan con las partículas del agua y se mezclan”, línea 323); por otro, incluyendo el cambio perceptual en el fenómeno y ubicando la lectura también en el nivel macroscópico (“A:

Tabla 1. Niveles de gravedad semántica elaborados para el episodio analizado.

	Intensidad de la GS	Categoría	Descripción
 Aumento de la descontextualización	Baja GS (GS-)	Nivel submicro-cotidiano (GSsm+)	Corresponde a enunciaciones formuladas con términos propios del nivel de conceptualización submicroscópico y cuyo referente es el evento.
	Alta GS (GS+)	Nivel cotidiano (GS _c)	Corresponde a enunciaciones formuladas con términos del lenguaje cotidiano y cuyo referente es el evento.

Fuente: Elaboración propia

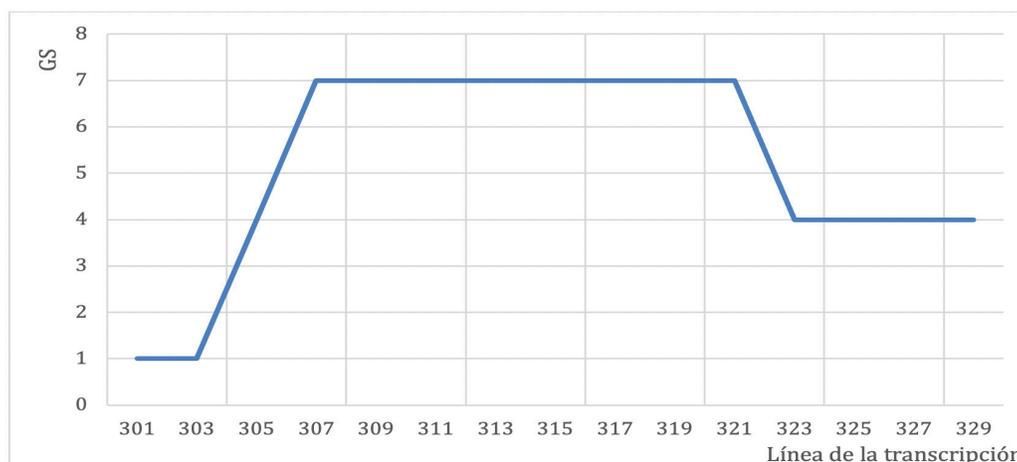


Figura 1. Variaciones en la GS durante los intercambios discursivos estudiantes-residente en el episodio.

Fuente: Elaboración propia

Las partículas, al haber movimientos, provocan el aumento de... provocan... provocan que el agua tome el color uniforme, sacando el del aumenta del movimiento que no cambia la temperatura”, línea 325). En estas intervenciones, pertenecientes a la misma estudiante, se presenta una reformulación de la primera de ellas (línea 323) al contexto de la explicación; sin embargo, en esta segunda intervención se profundiza la contextualización (GS+) en términos, tanto de una incorporación de términos propios del nivel de conceptualización macroscópico: “color uniforme” y “temperatura”, como también de la referencia fenoménica.

Durante la finalización del episodio la residente propone el reconocimiento de términos y, además, explicita una lectura de la estructura de la explicación construyendo una secuencia temporal definida por el tipo de términos utilizados. La practicante continúa proponiendo el reconocimiento de términos según niveles de conceptualización: guía la puesta en común recurriendo al reconocimiento de conceptos según el nivel de conceptualización, iniciando por el nivel macroscópico (“P: [...] Empezamos por los macros [...]”, línea 332) y continuando por el nivel de conceptualización submicroscópico (“[...] ¿Cuáles son los conceptos microscópicos acá?”, línea 341). Realizado este reconocimiento, refiere a la estructura de la explicación en términos de la secuencia en el empleo de estos niveles

de conceptualización (“P: [...] Bien. ¿Quedó claro está? Acá tenemos, empezamos con macro, continuamos con micro y terminamos nuevamente con macro”, línea 341).

Los intercambios discursivos durante este episodio transitan entre las diferentes categorías correspondientes a la GS. Estas categorías se diferencian, según lo comentado, en términos de intervenciones que promueven procesos discursivos de contextualización/descontextualización. En la Tabla 1 se ordenan estas categorías según la tendencia a la descontextualización. En la Figura 1 se muestran las variaciones de la GS según estas categorías durante el episodio considerado.

La diferencia entre cada una de las categorías elaboradas para la GS descansa en el referente. Las interacciones discursivas que ejemplifican estas categorías refieren al modelo científico escolar (modelo corpuscular de la materia) o al fenómeno. Cuando el modelo científico escolar se instala como referente, las enunciaciones se ubican en el nivel de conceptualización submicroscópico. Cuando el referente es el fenómeno, las enunciaciones refieren a diferentes dominios conceptuales. Practicante y estudiante, en este último caso, hablan sobre el fenómeno recurriendo al lenguaje cotidiano y al lenguaje especializado, expresado este último en las dimensiones correspondientes a ambos niveles de conceptualización. Ambos referentes y, en particular,

las diferentes maneras en que las enunciaciones se expresan en el lenguaje especializado, definen el gradiente entre las diferentes categorías definidas para la GS durante el episodio analizado.

5. Consideraciones finales

En este trabajo desarrollamos el análisis de las interacciones discursivas en un aula de ciencia entre una futura profesora de Química y los estudiantes, durante la puesta en común de una explicación científica escolar, considerando la noción de GS. Proponemos, en este contexto, una lectura para la GS recurriendo a los niveles de conceptualización de la materia (TALANQUER, 2011). Este enfoque representa un aporte novedoso respecto de otros trabajos realizados en esta misma línea en el contexto de la enseñanza de las ciencias naturales. Entre estos últimos, por ejemplo, CÓRDOVA JIMÉNEZ et al. (2016) analizan el discurso docente siguiendo categorías de análisis propuestos por MATON (2014) para la GS -descripción, resumen; revisión; generalización, abstracción-. Más recientemente, DOS SANTOS, MORTIMER (2019) proponen una tipología de categorías para la GS -descripción, explicación, generalización y abstracción- a partir de la realizada por CÓRDOVA JIMÉNEZ et al. (2016). El trabajo didáctico con las transiciones entre los niveles de conceptualización de la materia que la residente desarrolla con los estudiantes permite delimitar los movimientos hacia conceptualizaciones caracterizadas en términos de diferentes intensidades de gravedad semántica. En efecto, la transición de una conceptualización en el nivel macroscópico a una conceptualización centrada en el nivel submicroscópico, estará relacionada a una disminución en la gravedad semántica (esto es, GS+ a GS-) y viceversa. En estos términos, el empleo de los niveles de conceptualización, para el análisis de los movimientos correspondientes a la gravedad semántica, facilita la identificación de estas transiciones y potencia el análisis. Estas posibilidades se fortalecen aún más cuando las interacciones verbales docente-estudiantes están centradas en el empleo

explícito de los niveles de conceptualización y en el reconocimiento de términos según cada uno de estos niveles.

La dependencia de la gravedad semántica con el contexto es inferida a partir de una mayor o menor presencia del evento en el discurso. Esta dependencia se expresa en diferentes modalidades atendiendo que la referencia al fenómeno puede realizarse discursivamente según diferentes aproximaciones conceptuales. En este contexto, los niveles de conceptualización permiten dar cuenta de estas lecturas. Durante la secuencia de intercambios correspondientes a este episodio, estudiantes y residente hablaron sobre el fenómeno priorizando el nivel de conceptualización submicroscópico. Esta delimitación de la lectura es guiada por la practicante que ubica los intercambios preferentemente en ese nivel. Sin embargo, esta interpretación no es unívoca en el sentido que no se restringe a las relaciones semánticas propias de términos del nivel de conceptualización submicroscópico; en algunas intervenciones se incorporan términos propios del nivel macroscópico e incluso descripciones perceptuales del fenómeno, esto es, ubicándose en un nivel fenoménico (TABER, 2013b).

Practicante y estudiantes comparten discursivamente el contenido de la estructura de la explicación en términos de niveles de conceptualización (CAAMAÑO ROS, 2014). Este trabajo se identifica en diferentes instancias del episodio: por un lado, ubicando la lectura del fenómeno por referencia a un nivel de conceptualización; por otro, explicitando la estructura de la explicación. En este último caso, la secuencia temporal de eventos en la narrativa de la explicación es definida por la residente en términos de los niveles de conceptualización. Así, la referencia a los niveles se instala como un recurso didáctico para vehicular discursivamente la estructura y el contenido de la explicación. Además, la practicante promueve el reconocimiento de términos en el texto de la explicación, según su pertenencia al nivel de conceptualización. Esta clasificación le permite, posteriormente, identificar segmentos del texto en términos del nivel privilegiado en cada caso. Este

reconocimiento es utilizado por la residente para facilitar el posterior análisis de la estructura en los términos mencionados.

Como sostiene MATON (2013a), los movimientos de la gravedad semántica no son homogéneos ni universales y ningún tipo de onda puede presumir de universal. El autor sugiere que una pregunta es clave para la investigación: ¿qué perfiles sirven para qué propósitos, para quién y en qué contextos? En este sentido, los perfiles semánticos deben ser analizados en su dependencia contextual, en tanto difieren entre las áreas temáticas y las etapas de la educación. En este sentido, los resultados de esta investigación son leídos, por un lado, en términos del aporte que la noción de gravedad semántica presenta para el trabajo discursivo con explicaciones científicas escolares; por otro, desde la contribución a la interpretación de la GS a partir de los niveles de conceptualización.

Este estudio puede ser utilizado en instancias de socialización con residentes de profesorado en ciencias para analizar el discurso docente en el aula, en particular la explicación científica escolar. La categoría 'gravedad semántica' constituyó una herramienta útil para explicitar las transiciones entre diferentes niveles de abstracción que suelen obstaculizar los aprendizajes y visibilizar la complejidad asociada al trabajo didáctico con las explicaciones científicas escolares. Promover la reflexión sobre estas transiciones durante el trabajo didáctico con explicaciones científicas escolares permitiría evidenciar la importancia relevancia de la enseñanza de este género discursivo en las aulas de ciencia (ATKINSON, et al., 2020; HORWOOD, 1988; NÚÑEZ, BARROS, 2019).

6. Referencias

- ATKINSON, M. B.; et al. Constructing Explanations in an Active Learning Preparatory Chemistry Course. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 3, pp. 626–634. 2020. doi: 10.1021/acs.jchemed.9b00901
- BAJTIN, M. **Estética de la creación verbal**. Siglo XXI Editores. México D.F.: México, 1982. pp. 248-293.
- BARGALLÓ, C. M. **Aprender ciencias a través del lenguaje**. *Educación* (Abril-Junio). 2006.
- BERNSTEIN, B. Vertical and horizontal discourse: an essay. **British Journal of Sociology of Education**, v. 20, n. 5, pp. 157-173. 1999. doi: 10.1080 / 01425699995380
- BUCAT, B.; MOCERINO, M. Learning at the Sub-micro Level: Structural Representations. In GILBERT, J.K.; TREAGUST, D. (Org.). **Multiple Representations in Chemical Education**. Springer. London: England, 2009. pp. 11-29.
- CAAMAÑO ROS, A. C. La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Barcelona.V. 78, pp. 7-20. 2014.
- CABELLO, V. M.; REAL, C.; IMPEDOVO, M. A. Explanations in STEM Areas: an Analysis of Representations Through Language in Teacher Education. **Research in Science Education**, n. 49, pp. 1-20. 2019.
- CHARALAMBOUS, C. Y., HILL, H. C.; BALL, D. L. Prospective teachers' learning to provide instructional explanations: how does it look and what might it take? **Journal of Mathematics Teacher Education**, v. 14, n. 6, pp. 441-463. 2011. doi:10.1007/s10857-011-9182-z
- CLARENCE, S. Surfing the waves of learning: enacting a Semantics analysis of teaching in a first-year Law course. **Higher Education Research & Development**, v.36, n. 5, pp. 920-933. 2017. doi:10.1080/07294360.2016.1263831
- CÓRDOVA JIMÉNEZ, J.; et al. Olas de significado en la interacción profesor-alumno: análisis de dos clases de Ciencias Naturales de un 6to de primaria. **Ciência & Educação** (Bauru), Bauru – SP, v. 22, n. 2, pp. 335-350. 2016. doi: 10.1590/1516-731320160020005
- DA PORTA, E. Aportes de Bajtín para una profundización analítica de la comunicación. In: ARÁN, P. O (Org.). **La herencia de Bajtín. Reflexiones y migraciones**. Centro de Estudios Avanzados,

- UNC. Córdoba: Argentina, 2017. pp. 203-220.
- DOS SANTOS, B. F.; MORTIMER, E. F. Ondas semânticas e a dimensão epistêmica do discurso na sala de aula de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.24, n. 1, pp. 62-80. 2019. doi: 10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p62
- DRIVER, R.; et al. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, v.23, n.7, 1994. pp. 5-12. doi: 10.3102/0013189X023007005
- GEORGIU, H.; MATON, K.; SHARMA, M. Recovering Knowledge for Science Education Research: Exploring the "Icarus Effect" in Student Work. **Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education**, Ontario, v.14, n. 3, pp. 252-268. 2014. doi: 10.1080 / 14926156.2014.935526
- GILBERT, J. K.; BOULTER, C.; RUTHERFORD, M. Models in explanations, Part 2: Whose voice? Whose ears? **International Journal of Science Education**, v.20, n. 2, pp. 187-203. 1998a. doi:10.1080/0950069980200205
- GILBERT, J. K.; BOULTER, C.; RUTHERFORD, M. Models in explanations, Part 1: Horses for courses? **International Journal of Science Education**, v.20, n.1, pp. 83-97. 1998b. doi: 1080/0950069980200106
- GUBA, E.; LINCOLN, Y. Competing Paradigms in Qualitative Research. In ;LINCOLN, Y. S. (Org.). **Handbook of Qualitative Research**. v. 2. Sage. Thousand Oaks, CA: USA, 1994. pp. 105-117.
- HARTLEY, J. Case study research. In: CASSELL, C.; SYMON, G. (Org.). **Essential guide to qualitative methods in organizational research**. Sage. London: England, 2004. pp. 323-333.
- HORWOOD, R. H. (1988). Explanation & description in science teaching. **Science Education**, v.72, n.1, pp. 41-49. 1988. doi:10.1002/sce.3730720104
- KRAJCIK, J.; et al. Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. **Journal of the Learning Sciences**, v.7, n.3-4, pp. 313-350. 1998. doi: 10.1080/10508406.1998.9672057
- LEMKE, J. **Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores**. Paidós. Barcelona: España, 1997.
- MATON, K. Theories & things: The semantics of disciplinarity. In: FRANCES, C.; _____ (Eds.). **Disciplinarity: Functional linguistic & sociological perspectives**. Continuum International Publishing Group. London: England, 2011. pp. 62-84.
- MATON, K. Making semantic waves: A key to cumulative knowledge-building. **Linguistics & Education**, v.24, n.1, pp. 8-22. 2013a. doi:10.1016/j.linged.2012.11.005
- MATON, K. **Knowledge & knowers: Towards a realist sociology of education**. Routledge. London: England, 2013b.
- MATON, K. Building powerful knowledge: The significance of semantic waves. In: BARRETT, B. & RATA, E. (Org.). **Knowledge & the Future of the Curriculum**. Palgrave Studies in Excellence & Equity in Global Education. Palgrave Macmillan. London: England, 2014. pp. 181-197. doi:10.1057/9781137429261_12
- MATON, K. Legitimation code theory: Building knowledge about knowledge-building. In: _____; HOOD, S.; SHAY, S. (Org.). **Knowledge-building. Educational studies in Legitimation Code Theory**. Routledge. London: England, 2016. pp. 1-23.
- MATON, K.; HOOD, S.; SHAY, S. **Knowledge-building: Educational studies in legitimation code theory**. Routledge. London: England, 2016. doi:10.4324/9781315672342-12
- MATON, K.; HOWARD, S. K. **Taking autonomy tours. LCT Centre for Knowledge-Building**. Sydney: Australia, 2018. pp. 1-35
- MCNEILL, K. L.; KRAJCIK, J. Scientific explanations: Characterizing & evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. **Journal of Research in Science Teaching**, v.45, n.1, pp.53-78. 2008. doi: 10.1002 / té.20201
- MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M.; SALDAÑA, J.

- Qualitative data analysis: A methods source-book.** Sage Publications. London: England, 2013.
- NÚÑEZ, I. B.; DE BARROS, S. C. B. A produção de textos científicos explicativos na formação inicial de professores de Química. **Revista Educação em Questão**, v. 57, n. 51. 2019. doi: 10.21680/1981-1802.2019v57n51ID15711
- RAPPA, N. A.; TANG, K.-S. Integrating disciplinary-specific genre structure in discourse strategies to support disciplinary literacy. **Linguistics and Education**, n. 43, pp. 1-12. 2018. doi: 10.1016/j.linged.2017.12.003
- SALDAÑA, J. **The coding manual for qualitative researchers.** London: England, 2015.
- SEPÚLVEDA, C.; EL-HANI, C. H. Obstáculos epistemológicos e sementes conceituais para a aprendizagem sobre adaptação: uma interpretação epistemológica e sociocultural dos desafios no ensino de evolução. **Acta Scientiae**, Canoas, v.16, n. 2, pp. 237-263, 2014.
- STAKE, R. E. El estudio de casos cualitativos. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Org.). **Estrategias de investigación cualitativa** (v. III). Gedisa. Barcelona: España, 2012. pp. 154-197.
- STRAUSS, A. L.; CORBIN, J. **Basics of qualitative research: Techniques & procedures for developing grounded theory.** Sage Publications. London: England, 1998.
- TABER, K. Learning at the symbolic level. In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. F. (Org.). **Multiple representations in chemical education** (v. 4). Springer. London: England, 2009. pp. 75-105.
- TABER, K. S. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge & the psychology of learning to inform chemistry education. **Chemistry Education Research & Practice**, v.14, n. 2, pp. 156-168. 2013a. doi: 10.1039/C3RP00012E
- TABER, K. S. Three levels of chemistry educational research. **Chemistry Education Research & Practice**, v.14, n. 2, pp. 151-155. 2013b. doi: 10.1039 / C3RP90003G
- TALANQUER, V. Macro, submicro, & symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education**, v.33, n. 2, pp. 179-195. (2011). doi: 10.1080 / 09500690903386435
- TANG, K.-S. Constructing scientific explanations through premise–reasoning–outcome (PRO): an exploratory study to scaffold students in structuring written explanations. **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 9, pp. 1415-1440. 2016. doi: 10.1080/09500693.2016.1192309
- TANG, K.-S. The Use of Epistemic Tools to Facilitate Epistemic Cognition & Metacognition in Developing Scientific Explanation. **Cognition and Instruction**, pp. 1-29. 2020. doi: 10.1080/07370008.2020.1745803
- VOLOSHINOV, V. **El Marxismo y la filosofía del lenguaje.** Godot Ediciones. Buenos Aires: Argentina, 2009.
- YEO, J.; GILBERT, J. K. Constructing a scientific explanation. A narrative account. **International Journal of Science Education**, v.36, n. 11, pp. 1902-1935. 2014. doi:10.1080/09500693.2014.880527

