

# Dimensión semántica en la construcción de explicaciones científicas escolares en el aula de fisicoquímica de la educación secundaria: un análisis de los intercambios entre practicante y estudiantes

Semantic dimension in the construction of school scientific explanations in the physical chemistry classroom of secondary school: an analysis of the exchanges between a practitioner and students

Cutrera, Guillermo<sup>1\*</sup>, Massa, Marta<sup>2</sup>, Stipcich, Silvia<sup>3</sup>

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

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

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

Email: [guillecutrera@gmail.com](mailto:guillecutrera@gmail.com)

## Resumen

La construcción de explicaciones científicas es un aspecto central de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Estudiar cómo los futuros profesores pueden guiar este proceso es crucial para promover la alfabetización científica de los estudiantes. En este contexto, la Teoría de Códigos de Legitimación (TCL) ofrece un marco conceptual valioso para analizar las prácticas pedagógicas y discursivas que favorecen la construcción de conocimiento. En este trabajo se analizan los intercambios discursivos entre una practicante y estudiantes durante la construcción conjunta de una explicación científica de un fenómeno cotidiano, utilizando la dimensión semántica de la TCL. El análisis revela que el proceso de construcción de una explicación científica escolar conlleva moverse estratégicamente en el plano semántico, debilitando y fortaleciendo la gravedad semántica y la densidad semántica.

**Palabras clave:** Explicaciones científicas; Dimensión semántica; Formación docente inicial.

## Abstract

The construction of scientific explanations is a central aspect of teaching and learning science. Studying how preservice teachers can guide this process is crucial to promote students' scientific literacy. In this context, Legitimation Code Theory (LCT) offers a valuable conceptual framework to analyze the pedagogical and discursive practices that favor the construction of knowledge. In this work, the discursive exchanges between a practitioner and students are analyzed during the joint construction of a scientific explanation of an everyday phenomenon using the semantic dimension of the TCL. The analysis reveals that constructing a school scientific explanation involves moving strategically at the semantic level, weakening and strengthening semantic gravity and density.

**Keywords:** Scientific explanations; Semantic dimension; Initial teacher training.

## I. INTRODUCCIÓN

La construcción de explicaciones científicas es un aspecto central de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Una explicación científica busca dar cuenta de un fenómeno natural en base a teorías, modelos y conocimientos científicos aceptados (Georgiou, Maton y Sharma, 2014). Más allá de la mera descripción de un fenómeno, una explicación científica provee una interpretación teórica de las causas o mecanismos subyacentes que lo generan (Yin y Wang, 2021).

Diversas investigaciones han explorado cómo los estudiantes construyen explicaciones y las dificultades que enfrentan: permanecer en el nivel de la descripción de los fenómenos observables, sin proveer una explicación causal de los mecanismos subyacentes; no usar evidencias relevantes para justificar las explicaciones; o no establecer conexiones claras entre las evidencias y las conclusiones (Kararo y Colvin, 2019). Estos autores también destacan la importancia de analizar la estructura de las explicaciones científicas que construyen los estudiantes. Además, los estudiantes suelen tener concepciones alternativas resistentes al cambio, que interfieren con la construcción de explicaciones científicas (Zhao, Zhang, Cui, Hu y Dai, 2023).

La investigación sugiere que, para superar tales dificultades, los docentes deben implementar la construcción de explicaciones científicas en las aulas de ciencias con estrategias de enseñanza intencionales y específicas, destacando la importancia de acciones pedagógicas concretas para este proceso (McNeill, 2011; Zangori y Forbes, 2014). Se han propuesto también diversos dispositivos para promover la construcción de explicaciones de fenómenos cotidianos en el aula (Tang, 2016). Sin embargo, es escasamente indagado cómo los profesores, especialmente en formación, guían la construcción de explicaciones. Tang, Deguchi y Sato (2019) propusieron un marco instruccional denominado Premisa-Razonamiento-Resultado (PRO) para construir un andamiaje que acompañe este proceso. Zangori y Forbes (2014) encontraron que prácticas docentes específicas, como modelar el proceso de explicación y promover la discusión de explicaciones alternativas, apoyan a los estudiantes en esta tarea. McNeill (2011) halló que andamiajes escritos genéricos y específicos al contexto pueden mejorar la calidad de las explicaciones.

En este contexto, la Teoría de Códigos de Legitimación (TCL) ofrece un marco valioso para estudiar cómo los docentes pueden orientar efectivamente la elaboración de explicaciones científicas, a través de la gestión de la gravedad semántica (GS) y la densidad semántica (DS) en el discurso del aula (Maton, 2013; 2014). Investigaciones recientes muestran cómo el manejo estratégico de la GS y la DS puede favorecer este proceso (Georgiou, 2020; Yin y Wang, 2021). No obstante, aún son escasos los estudios que analizan específicamente cómo los docentes en formación gestionan la GS y la DS al guiar la construcción de explicaciones sobre fenómenos cotidianos (Georgiou *et al.*, 2014).

Este estudio está orientado por la siguiente pregunta: ¿de qué manera futuros profesores de física y química gestionan la construcción de explicaciones científicas de hechos cotidianos? En particular, el propósito es caracterizar este proceso con el empleo de herramientas de la dimensión semántica de la TCL. Los resultados pueden ofrecer orientaciones valiosas para la formación docente inicial en ciencias.

## II. TEORÍA DE LOS CÓDIGOS DE LEGITIMACIÓN

La TCL es un marco teórico desarrollado por Karl Maton que busca analizar y explicar las prácticas y estructuras de conocimiento en diversos campos, incluyendo la educación (Maton, 2014). La TCL comprende varias dimensiones, entre ellas la dimensión semántica, que se enfoca en la naturaleza de los significados de las palabras y cómo estos varían en términos de su dependencia del contexto y su complejidad (Maton, 2019). La dimensión semántica introduce dos conceptos clave: gravedad semántica (GS) y densidad semántica (DS). La GS se refiere al grado en que el significado depende del contexto, donde una alta GS indica una fuerte dependencia del contexto y una baja GS indica significados más abstractos y descontextualizados (Maton, 2019). Por otro lado, la DS describe el grado de condensación de

significado dentro de símbolos, donde una alta DS implica que los símbolos poseen múltiples significados interrelacionados, mientras que una baja DS sugiere menos significados condensados (Maton, 2019).

Estos conceptos permiten trazar "ondas semánticas" o trayectorias en un plano semántico, que representan movimientos entre significados contextuales simplificados y significados descontextualizados condensados (Maton, 2019). Estas ondas semánticas se consideran fundamentales para el aprendizaje y la construcción de conocimiento (Maton, 2009). Los códigos semánticos surgen de la combinación de la GS y la DS, generando cuatro modalidades principales en el plano semántico: códigos rizomáticos (GS-, DS+), códigos prosaicos (GS+, DS-), códigos rarificados (GS-, DS-) y códigos mundanos (GS+, DS+) (Maton, 2014).

Diversos estudios han aplicado la TCL y su dimensión semántica en contextos educativos. Blackie (2014) la utilizó para analizar el discurso de estudiantes universitarios de química, identificando patrones en la gravedad y densidad semántica. Macnaught, Maton, Martin y Matruglio (2013) emplearon la TCL para examinar la escritura de estudiantes de secundaria, mostrando cómo las ondas semánticas influyen en la calidad de los textos. Clarence (2016) aplicó TCL para explorar las prácticas pedagógicas en la educación superior, destacando el papel de las ondas semánticas en la enseñanza y el aprendizaje. Además, la TCL ha sido utilizada para analizar estructuras curriculares y su impacto en el aprendizaje. Maton (2009) contrastó el aprendizaje acumulativo, donde los significados se construyen sobre conocimientos previos, con el aprendizaje segmentado, donde los significados no se integran a lo largo del tiempo. Martin, Maton y Matruglio (2010) emplearon la TCL para examinar la progresión del conocimiento en el currículo de ciencias, identificando desafíos para el aprendizaje acumulativo.

En estos términos, la dimensión semántica de TCL ofrece herramientas analíticas para explorar la complejidad y dependencia contextual de los significados en diversos ámbitos educativos. Los conceptos de gravedad y densidad semánticas, junto con las ondas y los códigos semánticos representados en el plano semántico, han sido aplicados en investigaciones sobre discurso académico, prácticas pedagógicas y diseño curricular, contribuyendo a una comprensión más profunda acerca de cómo se construye y se accede al conocimiento.

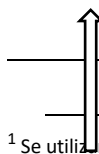
### III. METODOLOGÍA

La investigación se realizó con un enfoque cualitativo-interpretativo, que permite explorar acontecimientos, comportamientos y perspectivas de las personas en entornos sociales específicos y proporcionar detalles sobre cómo construyen significado en su mundo (Cohen, Manion y Morrison, 2002). Este tipo de investigación interpretativa proporciona una idea de cómo los profesores dan sentido a su enseñanza y a las experiencias que tienen en el aula o en las instituciones educativas (Erickson, 2012). En ese marco, se adoptó un estudio de caso instrumental para centrarse en las cuestiones intrínsecas del caso en sí, pero también con el objetivo de desarrollar conocimientos sobre cuestiones y poblaciones más amplias más allá del caso (Stake, 2010).

El caso analizado corresponde a una secuencia didáctica seleccionada entre un conjunto de clases en las cuales una futura profesora abordó el estudio de las transformaciones gaseosas en un curso de fisicoquímica correspondiente al segundo año de la educación secundaria de la Pcia. de Buenos Aires, Argentina. Durante la residencia, el docente responsable y los residentes trabajaron explícitamente la estructura de una explicación científica y los niveles de conceptualización (macro y submicroscópico), pero no abordaron la TCL ni su dimensión semántica. En la primera clase la practicante comenzó el trabajo con la construcción de explicaciones de fenómenos cotidianos. En este trabajo se analiza, por cuestión de extensión, uno de los episodios en los que se subdividió esta clase (Episodio 8), durante el cual la residente<sup>1</sup> y los estudiantes elaboraron la explicación del fenómeno correspondiente al agregado de una gota de tinta en agua. El análisis se realizó sobre la transcripción completa y los videos de la clase. El proceso de codificación fue realizado por los investigadores a partir de los dispositivos de traducción construidos para la DS y GS (Maton, 2014) presentados en las Tablas I y II. En este contexto, se recurrió a una triangulación por investigadores para trabajar la validez de los resultados.

**TABLA I.** Niveles de densidad semántica elaborados para el episodio analizado. Fuente: adaptado de Santos y Mortimer (2019).


Intensidad de la DS	Categoría	Descripción
Aumento en la intensidad	DS++	Se expresa en intercambios discursivos practicante-grupo de estudiantes formulados con términos pertenecientes al nivel de conceptualización submicroscópico.
	DS+	Se expresa en intercambios discursivos practicante-grupo de estudiantes formulados con términos pertenecientes a ambos niveles de conceptualización.



<sup>1</sup> Se utilizan los términos "residente" y "practicante" indistintamente.

DS <sub>0</sub>	Se expresa en intercambios discursivos practicante-grupo de estudiantes formulados con términos pertenecientes al nivel de conceptualización macroscópico.
DS-	Se expresa en intercambios discursivos practicante-grupo de estudiantes formulados con términos del lenguaje cotidiano y cuyo referente es el evento.

TABLA II. Niveles de gravedad semántica. Fuente: adaptado de Georgiou *et al.*, 2014.

Intensidad de la GS	Categoría	Descripción
<b>Aumento en la intensidad</b> 	GS+	Se expresa en intercambios discursivos practicante-grupo de estudiantes referidos a referentes específicos o clase de referentes.
	GS <sub>0</sub>	Se expresa en intercambios discursivos practicante-grupo de estudiantes en los cuales se trabaja con el modelo científico escolar contextualizando las relaciones semánticas.
	GS-	Se expresa en intercambios discursivos practicante-grupo de estudiantes en los cuales se trabaja con el modelo científico escolar sin contextualizar las relaciones semánticas.

#### IV. RESULTADOS

En el último episodio de la clase inicial (Episodio 8), la practicante propone a los estudiantes la elaboración conjunta de una explicación para el fenómeno. A continuación, se considera el análisis de este episodio final. El texto final, elaborado por la residente y el grupo de estudiantes, es el siguiente: *“En un vaso con agua colocamos una gota de tinta, las partículas del agua y las partículas de tinta al estar en movimiento chocan entre sí y produce que se mezclen y por ello el agua se colorea”*.

El texto explicativo se inicia con la referencia al fenómeno en términos de una descripción recurriendo al lenguaje cotidiano (*“En un vaso con agua colocamos una gota de tinta”*), indicando condiciones iniciales para su ocurrencia. Incorpora, seguidamente, términos del modelo corpuscular aumentando el nivel de abstracción (las partículas de agua y las partículas de tinta al estar en movimiento chocan entre sí y producen que se mezclen<sup>2</sup>). Finalmente, concluye con la ocurrencia del evento final (*“y por ello el agua se colorea”*).

La construcción conjunta de la explicación se realizó en el contexto de intercambios discursivos guiados por la residente. La practicante inicia el episodio con una invitación (*“¿Quieren que hagamos una final entre todos?”*, línea 468) a la construcción conjunta (P<sup>2</sup>: *“¿Cómo comienzo?”*, línea 474). Las respuestas de los estudiantes ubican, sucesivamente, el contenido del texto en el referente empírico, que la residente recupera y copia en el pizarrón (P: *“En un vaso con agua colocamos una gota de tinta”*, línea 489), describiendo eventos observables. El lenguaje cotidiano y la ubicación de los intercambios en un referente específico (Mortimer, Massicame, Tiberghien y Buty, 2005), contextualizan el contenido (GS+) y recurren a una intensidad relativamente baja para la densidad semántica (DS<sub>0</sub>).

En la mayor parte del episodio (líneas 479-507), la residente guía la construcción de relaciones en términos del nivel submicroscópico. La lectura del fenómeno se propone en términos de las relaciones semánticas propias del modelo científico escolar (DS++). Una vez iniciados los intercambios, y fijadas las condiciones iniciales, la residente habilita nuevamente la voz de los estudiantes (P: *“[...] ¿Cómo sigue?”*, línea 478) que ubican la continuidad de la explicación en un nuevo referente -modelo científico escolar- (A: *“[...] Las partículas del agua...”*; línea 479). Esta respuesta es validada por la practicante continuando el contenido del texto en el pizarrón, fijando el nivel de conceptualización para los intercambios, para instalar el contenido en el nivel submicroscópico de conceptualización, sugiriendo la continuidad para la construcción de los eventos -(P: *“[...] Las partículas del agua... las partículas del agua, entonces...”*, línea 480). En esta intervención la residente no indica el trabajo en el nivel, por referencia explícita al mismo, sino sugiriéndolo en una afirmación que involucra términos propios del mismo. Sitúa la continuidad de los intercambios en el contexto de las relaciones semánticas del modelo científico escolar, debilitando la intensidad de la GS (GS<sub>0</sub>) al cambiar el tipo de referente y habilitando respuestas de los estudiantes que ubican la continuidad del texto en la idea de choques entre partículas (DS++) (A: *“Van a comenzar a chocar entre sí”*, línea 481). Estas últimas respuestas, son contextualizadas por la practicante (P: *“A ver, las partículas del agua, ¿y quién más?”*, línea 486). Así, la practicante sostiene la conceptualización en el nivel submicroscópico solicitando a los estudiantes una mayor especificidad sobre la naturaleza de las partículas que intervienen en él. Se produce una nueva secuencia (líneas 478-

<sup>2</sup> “P” indica el turno de habla de la practicante y “A” el de un estudiante, en forma genérica, sin diferenciar entre ellos.

488) de intercambios, durante la cual la residente y los estudiantes contextualizan las relaciones semánticas del modelo refiriendo a las partículas de agua y de tinta (GS<sub>0</sub>).

Sin embargo, una nueva intervención de la residente (P: “Bueno, ¿qué más?”, línea 490), solicitando la continuidad de la explicación, habilita respuestas del grupo de estudiantes que mantienen relaciones semánticas propias del modelo, pero sin contextualizarlas en la identidad de las partículas y, con ello, descontextualizando el contenido de los intercambios. Los estudiantes aportan a la construcción del texto utilizando relaciones genéricas (A: “al tener movimientos...”, línea 491; A: “Al tener movimiento y velocidades”, línea 493) que la residente intenta reubicar en la estructura del texto (P: “Al tener movimiento y velocidades, chocan... sí... ¿Cómo lo podríamos poner un poquito mejor?”, línea 494). Durante esta secuencia (líneas 489-500), las intervenciones de la practicante, solicitando mejorar la redacción del texto, llevan a una reformulación de las relaciones semánticas en términos de la referencia explícita al fenómeno. Sosteniendo el modelo corpuscular como referente empírico, seguidamente, la practicante propone nuevamente, a los estudiantes, mejorar las relaciones conceptuales (línea 500):

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

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

502. P: Me gustó. Un poco mejor, un poco mejor. Bien. Las partículas del agua y las partículas de tinta...

503. A: Al estar en movimiento.

504. P: Al estar en movimiento... ¿Qué más?

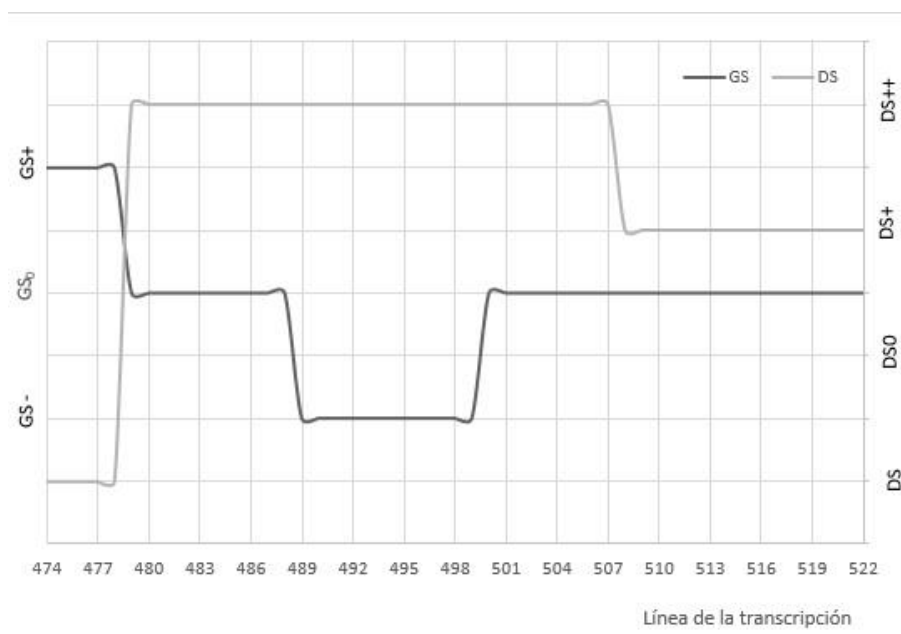
505. A: Chocan entre sí.

506. P: Entre sí...

507. A: Y por eso se mezclan.

En esta ocasión, los estudiantes recuperan el modelo contextualizando las relaciones semánticas en términos de la identidad de las partículas (línea 501) a partir de la intervención de la practicante. Sosteniendo la intensidad de la DS (DS<sub>++</sub>), el contenido de los intercambios aumenta la intensidad de su GS (GS<sub>0</sub>). Esta última modalidad de GS se mantendrá durante la mayor parte del episodio. Si las secuencias de intercambios previos se caracterizaron por sostener el referente, como marco para variaciones en la GS, seguidamente, los intercambios conservarán la intensidad de la GS con variaciones en la DS.

Una nueva intervención de la practicante (P: “¿Alguna cosa diferente que quieran poner?”, línea 508) inicia una serie de intercambios en la que los estudiantes centran la atención en la conclusión de la explicación (A: “Producen que...”, línea 510). Esta intervención es recuperada por la residente que sugiere establecer el vínculo entre las relaciones semánticas trabajadas desde el modelo y la conclusión de la explicación (P: “Al estar en movimiento chocan entre sí, produce que...”, línea 511). En esta instancia del episodio, la atención se ubica en la conclusión de la explicación, con un discurso que requiere relaciones semánticas establecidas en el contexto del modelo científico escolar para una vinculación final con el hecho a explicar. Esta lectura, propuesta por un estudiante, se ubica en la referencia al nivel perceptual (A: “Que el agua se tiña del color de la tinta”; línea 514), aumentando la fuerza de la GS (GS<sub>+</sub>). En la Figura 1 se presentan las variaciones para la GS y DS durante el episodio.



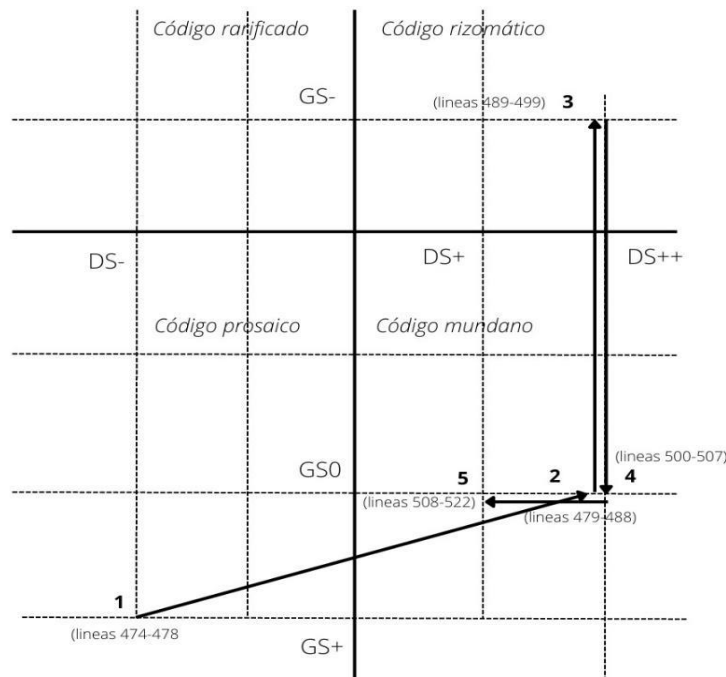
**FIGURA 1.** Onda semántica correspondiente a la instancia de puesta en común y códigos involucrados. Episodio 8, clase inicial. Fuente: elaboración propia.

En este perfil semántico es posible identificar diferentes zonas definidas por valores extremos de GS y DS, por un lado, e intermedios, por otro. Durante el episodio se desarrollan instancias de contextualización dadas por la transición entre dos tipos de referentes -específico y modelo- (Santos y Mortimer, 2019). El contenido de la explicación se inicia y finaliza fortaleciendo la GS y debilitando la DS. Las instancias que inician y finalizan el texto explicativo se corresponden con la descripción de las condiciones iniciales del evento y la descripción del evento a explicar, respectivamente. Entre ambas instancias de los intercambios, la descontextualización ocurre a partir de la introducción del modelo científico escolar para la interpretación del fenómeno, con un aumento en la DS.

Esta última descontextualización se sostiene durante la mayor parte de los intercambios (líneas 479-524) transcurriendo entre dos modalidades según la practicante y el grupo de estudiantes explicitaron la naturaleza de las partículas de la mezcla (líneas, 478-507) o no lo hicieron (líneas 508-524). Así, el contenido del texto de la explicación elaborado conjuntamente por practicante y estudiantes, durante el episodio de esta clase, puede caracterizarse por instancias según las fuerzas relativas de la GS y DS involucradas.

El análisis de los resultados muestra cómo durante la construcción conjunta de la explicación, el discurso transitó por diferentes códigos semánticos en el plano semántico, oscilando entre una GS fuerte (GS+) y débil (GS-), y una DS fuerte (DS+) y débil (DS-). Esto es consistente con la noción de "ondas semánticas" propuesta por Maton (2013), que plantea que el aprendizaje y la construcción de conocimiento se facilitan cuando se producen movimientos entre significados contextuales simplificados (GS+, DS-) y significados descontextualizados condensados (GS-, DS+). Además, se observa cómo la practicante buscó conectar el lenguaje cotidiano y los referentes específicos (GS+) con el modelo científico escolar y relaciones conceptuales más abstractas (GS-). Esto se alinea con lo planteado por Macnaught *et al.* (2013) sobre la importancia de que los docentes guíen activamente la construcción de ondas semánticas, entrelazando diferentes tipos de conocimiento. La practicante parece haber buscado aumentar gradualmente el rango semántico, es decir, la diferencia entre las intensidades de GS y DS, a lo largo de la secuencia, como sugieren Maton (2013) y Georgiou (2016).

Las combinaciones de intensidades para la GS y DS delimitan códigos que permiten caracterizar la secuencia de intercambios estudiantes-practicante durante el episodio. Estos códigos se representan en el plano semántico presentado en la Figura 2. La transición hacia un código rizomático conlleva instancias en las que los intercambios, centrados en el modelo científico escolar, incorporan relaciones semánticas que incluyen términos propios de los niveles macroscópico y/o submicroscópico; practicante y estudiantes vinculan eventos a partir de relaciones causales entre eventos del fenómeno conceptualizados en los niveles. Cuando los intercambios transcurren en un código prosaico, por el contrario, no incorporan al modelo científico escolar; centran la atención en la descripción de eventos observables descriptos en un lenguaje social cotidiano. Las condiciones iniciales y finales de ocurrencia de fenómenos requieren de descripciones en las que se recurre a eventos observables descriptos en un lenguaje cotidiano. En estos términos es posible referir a una estructura de la explicación, cuando el texto es leído en términos de la transición entre códigos semánticos.



**FIGURA 2.** Transiciones correspondientes a la GS y a la DS en el plano semántico. Fuente: adaptado de Maton (2016, p. 16).

La Figura 2 permite observar la manera en que, durante el trabajo didáctico, la residente estructura el contenido de la explicación con una transición entre estas dos modalidades de códigos semánticos. Se evidencia el papel clave que juega la practicante en la gestión de las transiciones entre códigos semánticos. A través de sus intervenciones, va regulando la gravedad y densidad semántica del discurso, orientando a los estudiantes en la construcción de relaciones cada vez más sofisticadas. Esto evidencia una intencionalidad didáctica de promover un movimiento hacia significados más descontextualizados y condensados, que permitan una lectura científica del fenómeno, pero sin perder el anclaje en lo concreto y observable.

## V. CONCLUSIONES

El análisis de los intercambios discursivos entre la practicante y los estudiantes durante la construcción conjunta de una explicación científica sobre un fenómeno cotidiano, realizado en el apartado anterior, aproxima una respuesta a la pregunta de investigación formulada. Las nociones de GS y DS, pertenecientes a la dimensión semántica de la TCL, permitieron iluminar aspectos clave de la práctica docente en ciencias, como evidencian las Figuras 1 y 2. Como señalan Tang *et al.* (2019), una explicación científica típicamente incluye componentes como el fenómeno a explicar, las condiciones iniciales (convocada, en este caso, con la pregunta “¿cómo comienzo?”, línea 474), las entidades involucradas (al validar la residente al estudiante para fijar el nivel de conceptualización –línea 479-), sus actividades e interacciones (alentando las relaciones semánticas del modelo científico escolar en ese nivel –líneas 480 a 507-), y cómo estas producen el fenómeno. El análisis sugiere que cada uno de estos componentes se asocia con una configuración particular de GS y DS, que el docente debe gestionar estratégicamente. Además, los resultados muestran la importancia de contextualizar los significados abstractos del modelo científico, vinculándolos con referentes concretos y familiares para los estudiantes (Maton, 2013). Como se vio en el análisis, la practicante guió a los estudiantes para que conectaran las relaciones semánticas del modelo corpuscular con las partículas específicas de agua y tinta en el fenómeno observado. Esta contextualización parece crucial para anclar los significados abstractos en la experiencia concreta de los estudiantes, favoreciendo la comprensión (Georgiou *et al.*, 2014).

Los resultados sugieren que la construcción de una explicación científica implica un delicado trabajo de mediación por parte del docente. El análisis, desde la dimensión semántica de la TCL, evidencia moverse estratégicamente en el plano semántico, debilitando y fortaleciendo la GS y la DS en momentos clave (Maton, 2013). Las intervenciones se inician con significados contextuales y concretos, caracterizados por alta gravedad semántica (GS+) y baja densidad semántica (DS-), describiendo las condiciones iniciales del fenómeno en lenguaje cotidiano, para luego debilitar gradualmente la GS e incrementar la DS, introduciendo términos y relaciones del modelo científico que permiten una interpretación abstracta del fenómeno, según Georgiou (2020). Finalmente, fortalecen nuevamente la GS para

conectar la explicación con el evento a explicar, anclando los significados abstractos en referentes concretos (Maton, 2013). Finalmente, es importante fortalecer nuevamente la GS para conectar la explicación con el evento a explicar, anclando los significados abstractos en referentes concretos (Maton, 2013). Este "movimiento" en el plano semántico no es aleatorio, sino que parece seguir un patrón que refleja la estructura de una explicación científica.

En particular, se ha mostrado cómo la gestión de la GS y la DS en el discurso del aula puede constituirse en un andamiaje efectivo en el proceso de construir explicaciones científicas, entrelazando gradualmente el lenguaje cotidiano con modelos abstractos.

Finalmente, el estudio muestra cómo el análisis de las ondas semánticas en el discurso del aula puede servir como una herramienta valiosa para evaluar la práctica de enseñanza en la construcción de explicaciones científicas. Como señalan Yin y Wang (2021), los perfiles de GS y DS en las producciones de los estudiantes pueden dar pistas sobre la calidad de las explicaciones proporcionadas por los docentes. En este sentido, el análisis semántico no sólo tiene un valor descriptivo, sino también un potencial prescriptivo para orientar la práctica docente.

Si bien existen varios estudios que han aplicado la dimensión semántica de TCL para analizar prácticas pedagógicas y el discurso en el aula de ciencias (Blackie, 2014; Mouton, 2019), parecen ser menos frecuentes los trabajos enfocados específicamente en cómo se construyen explicaciones científicas escolares. En este sentido, el análisis presentado en este trabajo realiza un aporte valioso al mostrar la productividad de los conceptos de la dimensión semántica para comprender este proceso clave en la educación en ciencias. Al ser conscientes de estas dinámicas semánticas y al planificar estratégicamente sus intervenciones discursivas, los docentes pueden favorecer en los estudiantes una comprensión profunda de los fenómenos científicos y su interpretación a través de modelos abstractos (Maton, 2020).

## REFERENCIAS

- Blackie, M. A. (2014). Creating semantic waves: Using Legitimation Code Theory as a tool to aid the teaching of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 462-469. doi: <https://doi.org/10.1039/C4RP00147H>
- Clarence, S. (2016). Exploring the nature of disciplinary teaching and learning using Legitimation Code Theory Semantics. *Teaching in Higher Education*, 21(2), 123-137. doi: <https://doi.org/10.1080/13562517.2015.1115972>
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2002). *Research methods in education*. New York, United States of America: Routledge.
- Erickson, F. (2012). Qualitative research methods for science education. En B. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education (1451-1469)*. Dordrecht: Springer.
- Georgiou, H. (2016). Putting physics knowledge in the hot seat: The semantics of student understandings of thermodynamics. En K. Maton, S. Hood y S. Shay (Eds.), *Knowledge-building: Educational studies in Legitimation Code Theory (176–192)*. New York, United States of America: Routledge.
- Georgiou, H. (2020). Semantic density in classroom practices: A tool for unpacking complexity. *Research in Science Education*, 51, 1039–1053. doi: <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09933-x>
- Georgiou, H., Maton, K. y Sharma, M. (2014). Recovering knowledge for science education research: Exploring the "Icarus effect" in student work. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 14(3), 252-268. <https://doi.org/10.1080/14926156.2014.935526>
- Kararo, M. y Colvin, R. (2019). Predictions and constructing explanations: An investigation into introductory chemistry students' understanding of structure–property relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 103-116. doi: <https://doi.org/10.1039/C8RP00202A>
- Macnaught, L., Maton, K., Martin, J. R. y Matruglio, E. (2013). Jointly constructing semantic waves: Implications for teacher training. *Linguistics and Education*, 24(1), 50-63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.linged.2012.11.008>
- Martin, J. R., Maton, K. y Matruglio, E. (2010). Historical cosmologies: Epistemology and axiology in Australian secondary school history discourse. *Revista Signos*, 43, 433-463. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-09342010000400003>



- Maton, K. (2009). Cumulative and segmented learning: Exploring the role of curriculum structures in knowledge-building. *British Journal of Sociology of Education*, 30(1), 43-57.  
doi: <https://doi.org/10.1080/01425690802514342>
- Maton, K. (2013). Making semantic waves: A key to cumulative knowledge-building. *Linguistics and Education*, 24(1), 8-22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.linged.2012.11.005>
- Maton, K. (2014). *Knowledge and knowers: Towards a realist sociology of education*. New York, United States of America: Routledge.
- Maton, K. (2016). Legitimation code theory: building knowledge about knowledge-building. En K. Maton S. Hood y S. Shay (Eds.), *Knowledge-building: educational studies in legitimation code theory* (1-22). New York, United States of America: Routledge.
- Maton, K. (2019). Semantics from Legitimation Code Theory: How context-dependence and complexity shape academic discourse. En K. Maton, J. R. Martin y Y. J. Doran (Eds.), *Studying science: Knowledge, language, pedagogy* (49-84). New York, United States of America: Routledge.
- Maton, K. (2020). Semantic waves: Context, complexity and academic discourse. En J. R. Martin, K. Maton y Y. J. Doran (Eds.), *Accessing academic discourse: Systemic functional linguistics and Legitimation Code Theory* (59-85). New York, United States of America: Routledge.
- McNeill, K. L. (2011). Supporting students' construction of scientific explanation through generic versus context-specific written scaffolds. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2089-2113.  
doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.549879>
- Mortimer, E. F., Massicame, T., Tiberghien, A. y Buty, C. (2005). Uma metodologia de análise e comparação entre a dinâmica discursiva de salas de aulas de ciências utilizando software e sistema de categorização de dados em vídeo: parte 1, dados gerais. *Actas del V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*.
- Mouton, M. (2019). A case for project based learning to enact semantic waves: towards cumulative knowledge building. *Journal of Biological Education*, 54(4), 363-380.  
doi: <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1585379>
- Santos, B. F. y Mortimer, E. F. (2019). Ondas semânticas e a dimensão epistêmica do discurso na sala de aula de química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(1), 62-80.  
doi: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p62>
- Stake, R. (2010). *Qualitative research: Studying how things work*. New York: Guilford Press.
- Tang, K. S., Deguchi, M. y Sato, M. (2019). The affordances of informal learning environments for scientific literacy and the influence of students' epistemic beliefs. *International Journal of Science Education*, 41(15), 2117-2135. doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1660928>
- Yin, Y. y Wang, Y. (2021). Probing into the effects of constructing scientific explanations on students' learning: A perspective of semantic gravity and semantic density. *Research in Science Education*, 51(2), 529-551.  
doi: <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09981-3>
- Zangori, L. y Forbes, C. T. (2014). Scientific Practices in Elementary Classrooms: Third-Grade Students' Scientific Explanations for Seed Structure and Function. *Science Education*, 98(4), 614-639.
- Zhao, C., Zhang, S., Cui, H., Hu, W. y Dai, G. (2023). Middle school students' alternative conceptions about the human blood circulatory system using four-tier multiple-choice tests. *Journal of Biological Education*, 57(1), 51-67.  
doi: <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1941178>