

# Análisis de la dimensión semántica en contextos de digitalización forzada: el caso de la enseñanza de termodinámica introductoria

Analysis of the semantic dimension in forced digitalization contexts: the case of introductory thermodynamics teaching

Denise De Grey Zuluaga Duque <sup>1</sup> y Consuelo Escudero <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611 - Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador 1109(O), San Juan, Argentina.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, Av. Ignacio de la Roza 590 – Complejo Universitario “Islas Malvinas”, CP J5402DCS, San Juan, Argentina.

\*E-mail: [denise.zuluaga@mi.unc.edu.ar](mailto:denise.zuluaga@mi.unc.edu.ar)

Recibido el 9 de octubre de 2023 | Aceptado el 15 de noviembre de 2023

## Resumen

En este trabajo se presentan resultados parciales de la investigación sobre el estudio de los principios programáticos de construcción de conocimiento acumulativo que emergen en las prácticas discursivas en un escenario de educación remota. El análisis se ha centrado en un aula de quinto año del secundario, específicamente en física, abordando el tema de termodinámica introductoria. La dimensión semántica del constructo teórico, teoría de los códigos de legitimación, a través de su herramienta metodológica perfil semántico, demostró ser un enfoque analítico eficaz debido a que permite la representación visual de las múltiples gradaciones de condensación del significado derivadas de las interacciones discursivas promovidas por la docente observada. El tratamiento de condiciones de contorno con énfasis en ideas variacionales, la integración de enfoques macro y microscópico, el lenguaje matemático como estructurante del conocimiento físico y el uso de diferentes estrategias de resolución, con intencionalidad didáctica facilitaron la posibilidad de establecer conexiones estructurantes entre las explicaciones proporcionadas, enriquecidas con un nivel alto de significación; lo que permitió un tratamiento profundo de los conceptos científicos.

**Palabras clave:** Dimensión semántica; Códigos de legitimación; Enseñanza de la termodinámica; Contexto de pandemia; Resolución de problemas.

## Abstract

This paper illustrates some partial results of the research on the study of the programmatic principles of cumulative knowledge-building that emerge in discursive practices in a remote education scenario. The analysis has concentrated on a high school fifth-grade classroom, especially in physics, addressing the topic of introductory thermodynamics. The semantic dimension of the theoretical construct, legitimation codes theory, and through its methodological tool semantic profile, proved to be an effective analytical approach. Because it allows the visual representation of the multiple gradations of meaning condensation derived from the discursive interactions promoted by the observed teacher. The treatment of boundary conditions with emphasis on variational ideas, the integration of macro and microscopic approaches, the mathematical language as structuring of physical knowledge, and the use of different resolution

strategies, and with the help of didactic intentionality, have facilitated the possibility of establishing structuring connections between the explanations provided and enriched with a high level of significance allowing a deep understanding of scientific concepts.

**Keywords:** Semantic dimension; Legitimation codes; Thermodynamics teaching; Context of a pandemic; Problem solving.

## I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias es un área en continuo debate, y el discurso en el aula, en particular, se posiciona cada vez más con un papel relevante en el aprendizaje de los estudiantes. En investigaciones previas se ha abordado los usos de estrategias genéricas variadas del discurso que docentes de química y física fomentan en la interacción en el aula y en la comprensión del contenido escolar. A pesar de ello, han sido relativamente escasas las investigaciones centradas en cómo el discurso de los docentes permite la construcción de géneros discursivos, como la explicación científica en general, y la resolución de problemas en particular. Estos géneros especializados se encuentran frecuentemente presentes en los libros de texto y en el discurso en el aula, pero son lingüística y epistemológicamente diferentes de otros con los que los estudiantes están más familiarizados (Halliday y Martin, 1993).

Autores como Furio-Gómez, Solbes y Furió-Mas (2007) sostienen que en la introducción de conceptos científicos es frecuente la identificación de perspectivas descontextualizadas, carentes de fundamentación teórica y desprovistas de un contexto histórico, lo que se traduce en el empleo excesivo de algoritmos memorizados (Georgiou, 2016; Ferreira, Silva y Mortimer, 2022; Escudero y Moreira, 1999, entre otros), en relación con la resolución de problemas se evidencia un enfoque excesivamente formal que limita su comprensión de los problemas y los conocimientos científicos. En consecuencia, se evidencia una disgregación entre la enseñanza de conocimientos científicos y la adquisición de estos conocimientos y habilidades requeridas para su comprensión. Esto conlleva a una representación simplificada y empobrecida de la enseñanza de las ciencias (Almeida, Silva y Ferreira, 2021; Ferreira *et al.*, 2022).

La enseñanza de la física representa un desafío considerable. Una de las razones subyacentes a esta dificultad radica en la falta de claridad respecto a las características y organización del conocimiento científico en el aula. Dado que el saber físico es abstracto y complejo, considerado por algunos como una estructura de conocimiento arquetípica (Georgiou, 2016) y destacado por su *naturaleza fuertemente multisemiótica*, se le suele conferir la cualidad de ser un constructo de conocimiento generalizado y altamente integrador (Doran, 2019). De esta manera, el dominio del lenguaje físico, el desarrollo de habilidades para el pensamiento abstracto necesario para su comprensión, la utilización de conceptos intangibles de referencia y la comprensión de su simbolismo, son algunas de las dificultades generalizadas para el proceso de aprendizaje de la física.

En este contexto es ampliamente aceptado que el proceso de aprender ciencias está intrínsecamente vinculado con la adquisición de un nuevo lenguaje (Ferreira *et al.*, 2022) lo que plantea desafíos tanto para los docentes como para los estudiantes, que se manifiestan en el discurso pedagógico. Éste se configura como una amalgama entre el discurso científico y el discurso cotidiano, en terminología de Bernstein, discurso horizontal y vertical o académico (Córdova, Melo, Bacigalupo, y Manghi, 2016; Matón, 2013; 2016). En consecuencia, en la práctica pedagógica diaria el docente se enfrenta a la tarea de construir, gestionar y mediar entre estos dos discursos, con el propósito de facilitar un aprendizaje gradual que les permita a los estudiantes dominar el discurso científico. Por ello, es necesario que los docentes sean conscientes de la coherencia y cohesión en la construcción de su propio discurso. El discurso del docente involucra tanto un lenguaje científico que posee una gramática específica, debido a las generalizaciones y nominalizaciones que lo integran (Córdova *et al.*, 2016), como las transiciones entre lo cotidiano y lo científico, que pretende facilitar la comprensión a los estudiantes novatos (Maton, 2013; Córdova *et al.*, 2016).

Pocos estudios sobre el discurso en el aula han explorado la estructura de conocimiento como un objeto de estudio válido en sí mismo (Ferreira *et al.*, 2022; Georgiou, 2016; Maton, 2013; 2016). Una de las razones está asociada a que existe *una ceguera ante el conocimiento* que lo oscurece (Doran, 2019; Ferreira *et al.*, 2022; Georgiou, 2016; Maton, 2013; 2016;). Una de las causas de esta ceguera está en las herencias de enfoques psicológicos, en donde el conocimiento es estudiado como parte de procesos mentales que emergen de los individuos, reduciéndolo a formas genéricas de aprendizaje. Otra de ellas es la perspectiva sociológica, en donde se estudia el conocimiento que subyace a las dinámicas de poder presentes en las distintas interacciones sociales lo que hace que el conocimiento se interprete como una manifestación del poder social. Tanto el enfoque psicológico como el sociológico invisibilizan la naturaleza del conocimiento que es aprendido y enseñado en el aula (Matón, 2013).

La inmensa mayoría de las investigaciones que intentan modelar el conocimiento plantean propuestas en donde su teorización se reduce a *categorías segmentadas del conocimiento*, usualmente conocimientos de carácter dicotómico, por ejemplo: conocimiento cotidiano o conocimiento educativo, conocimiento abstracto o conocimiento concreto, entre otros. Aunque, tal categorización no tiene connotaciones negativas, y meramente representa un punto

de partida para su análisis, no ofrece la posibilidad de un análisis integral sobre los principios constitutivos de organización de las prácticas de construcción de conocimiento, ni permite analizar en su conjunto la diversidad y complejidad que constituyen dichas dinámicas sociales. (Doran, 2019; Georgiou, 2016; Matón, 2013; 2016)

El propósito de este trabajo es profundizar en los principios organizativos de construcción de conocimiento presentes en el discurso de un aula de física de quinto año de educación secundaria en la República Argentina en 2020, durante la pandemia de COVID-19; esta pandemia obligó a una rápida digitalización de las prácticas educativas. Se busca describir y analizar cómo las interacciones discursivas de un docente formado contribuyen o limitan la construcción de conocimiento científico acumulativo en un contexto de educación remota. Esta comunicación representa un avance parcial de un trabajo de investigación de maestría que aún se encuentra en curso.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. La enseñanza de la física: la resolución de problemas

Dentro de la enseñanza de la física la resolución de problemas constituye una línea de investigación que se sigue desarrollando. Su abordaje es complejo, porque en él se conjugan esencialmente dos saberes: el saber teórico de la física y el saber matemático. Para la gran mayoría de los estudiantes esta conjunción ocasiona dificultades que se evidencian en la escasa comprensión que tienen de los problemas, cuya resolución se espera que logren, y en cierta falta de interés por ellos.

Comúnmente se reduce este fracaso a la falta de habilidades matemáticas que tienen los estudiantes tanto para la manipulación de las ecuaciones como para la interpretación de los datos que proporciona el problema. Sin embargo, el problema es mucho más complejo y va más allá de una mera falta de habilidad. En muchos casos se presenta una completa desarticulación entre la comprensión de los contenidos en física y una resolución de situaciones problemáticas genuina. Así, dicha resolución, en donde se espera que el estudiante integre diversos saberes, termina siendo una actividad de carácter mecánico cuyo único objetivo es el de sustituir valores dados en una fórmula y realizar su resolución aritmética, lo que se conoce como operativismo ingenuo.

Varias investigaciones (Elizondo, 2013; Escudero, García, González 1999; Escudero, González y Jaime, 2016; Escudero, 2005) señalan que algunas de las dificultades se relacionan con la falta de comprensión de los problemas, la selección e interpretación del significado de los datos dados, la transcripción de los datos numéricos en lenguaje matemático y físico, la relación entre los referentes numéricos y las magnitudes físicas, la interpretación de los resultados en términos físicos, entre otros. Autores como Moreira y Greca (2003) y Escudero (2005) amplían el espectro de dificultades y lo generalizan; para ellos, la principal dificultad en la resolución de problemas está asociada al reconocimiento de las operaciones del pensamiento. Hipótesis, analogías y metáforas son algunos de esos procesos, que dependiendo del nivel de conceptualización del sujeto son más asertivos o no para el proceso de resolución de una situación.

Sin embargo, identificar, caracterizar y desarrollar las operaciones del pensamiento que los estudiantes deben establecer para la resolución de problemas es un gran desafío en la enseñanza de la física. De manera tradicional las investigaciones que han surgido en el campo de la resolución de problemas se han interesado por las formas en que resuelven los problemas los sujetos, especialmente expertos versus novatos, para proponer mecanismos de resolución más eficientes, o para plantear estrategias didácticas que ayuden en la resolución (Moreira y Greca, 2003, Escudero y Moreira, 2004).

Lo que se pretende, básicamente, es reconocer el saber hacer que permita la solución de la situación problema. En estos casos, el sujeto está usando exclusivamente la parte operacional del concepto; y puede caer en un aprendizaje memorístico del conocimiento, en un operativismo ciego constante que se evidencia en una resolución exclusivamente algorítmica de las situaciones.

Esta segregación del saber que en las investigaciones en resolución de problemas se presenta como herencia de una parte de la psicología, que estudiaba el *saber hacer* y el *saber que*, de manera aislada, se separaba el conocimiento procedimental y el conocimiento declarativo. Esta segregación se ve reflejada en la desarticulación que existe en el campo de la investigación entre aprendizaje y enseñanza de las ciencias y, en consecuencia, entre las líneas de investigación en aprendizaje conceptual y resolución de problemas.

En el caso de la investigación en aprendizaje conceptual, el interés se ha desarrollado en el estudio de cómo las concepciones que tienen los estudiantes sobre diferentes conceptos pueden resultar en dificultades y obstáculos para el aprendizaje. Sin embargo, pocos de estos desarrollos se han interesado por estudiar cómo el dominio de los conceptos relevantes forma parte intrínseca en el desarrollo de la propia resolución de problemas, y no, como un factor relevante dentro de la propia tarea. (Moreira y Greca; 2003).

En este sentido, diversos autores (Moreira y Greca, 2003; Escudero, 2005; Escudero y Jaime, 2007) sostienen que la investigación entre estos dos campos debe realizarse de manera integral, debido al vínculo que mantiene la formación de conceptos y la resolución de problemas, su relación se origina, desarrolla y modifica, haciéndose más estrecha a lo largo de él.

Los conceptos se forman en respuesta a los problemas que los requieran como medios o recursos de solución; la resolución de problemas es importante, porque es a partir de ella que se construyen los conceptos. En palabras de Vergnaud, la resolución de problemas y la formación de conceptos se constituyen en elementos indisolubles pertenecientes a la conceptualización, que es la esencia del desarrollo cognitivo. Acordamos con este autor, la conceptualización se puede asociar a una moneda, y la formación de conceptos y resolución de problemas constituyen así el frente y reverso de esa moneda (Escudero, 2005).

El desarrollo de la conceptualización implica la posibilidad de abordar diversas situaciones con los conocimientos que están siendo construidos; cuando no se reconoce en la resolución de problemas, el alcance que tiene para ayudar a formar conceptos; y a su vez, se niega el impacto de la resolución de problemas en la representación simbólica y conceptual, definitivamente se está subestimando la conceptualización (Moreira y Greca, 2003); por ende, produce que se oponga la forma predicativa y la forma operacional del conocimiento.

La resolución de problemas es importante porque permite generalizar los conocimientos de acuerdo con distintas situaciones que permite solucionar; a su vez, los conocimientos se ajustan para poder resolver situaciones nuevas. La llave del desarrollo cognitivo lo constituye la conceptualización, implica que el sujeto pueda reconocer semejanzas y diferencias que le permite establecer características y propiedades de los conceptos; no se limita a la comprensión solamente, abarca también la transformación de los instrumentos de conocimiento en objetos del pensamiento; en este sentido, la resolución de problemas y la conceptualización gozan de una relación dialéctica significativa y cíclica (Escudero, 2005; Escudero y Jaime, 2007).

Más aún, en contextos de enseñanza digitalizados en donde la enseñanza y el aprendizaje han sido subestimados, considerando que han sido espacios de poco y hasta nulo trabajo. En esta indagación se quiere evidenciar también cómo las prácticas de resolución de problemas en un aula de física de quinto año contribuyeron en la construcción del conocimiento en el aula, a través de interacciones discursivas que permitieron la articulación de conceptos, procedimientos y representaciones y cómo se ganó en términos de significación a través de una resolución de problemas intencional.

## **B. La teoría de los códigos de legitimación: dimensión semántica en las prácticas de construcción de conocimiento**

La teoría de códigos de legitimación (TCL) se fundamenta en los planteos de Bernstein y Bourdieu, sobre la teoría del código y la teoría de campo, respectivamente (Maton, 2016); representa un conjunto de herramientas conceptuales multidimensionales que permite analizar los principios organizativos de las prácticas que generan conocimiento acumulativo, en términos de contraste, semejanzas y variaciones (Maton, 2013; 2016). Esto ayuda a hacer visibles las prácticas, sus formas de organización y sus posibles efectos (Ferreira *et al.*, 2022) dentro de los campos sociales.

La TCL está conformada por cinco dimensiones: especialización, semántica, autonomía, temporalidad, densidad. Cada una de ellas ofrece un conjunto particular de conceptos que permite explorar los patrones que se crean en las prácticas sociales, esto es, los códigos de legitimación que muestran los principios organizativos que están arraigados en estos patrones. (Maton, 2016)

Es de particular interés la dimensión semántica debido a que permite comprender la forma como se construye conocimiento a través del habla y de las interacciones dadas en el discurso del aula. En este sentido, el salón de clase de física es considerado como una estructura semántica en el que, a través de los códigos semánticos, se pueden establecer y explorar la complejidad y el dinamismo de los principios organizadores; a saber, *la densidad semántica* (DS), que evidencia el grado de condensación de significado en una práctica; y *la gravedad semántica* (GS), que plantea el grado en que el significado se relaciona con el contexto. Los códigos semánticos de DG y GS son herramientas conceptuales que permiten visualizar y comprender los principios organizativos de las prácticas de construcción de conocimiento acumulativo (Matón, 2013; 2016; Ferreira *et al.*, 2022).

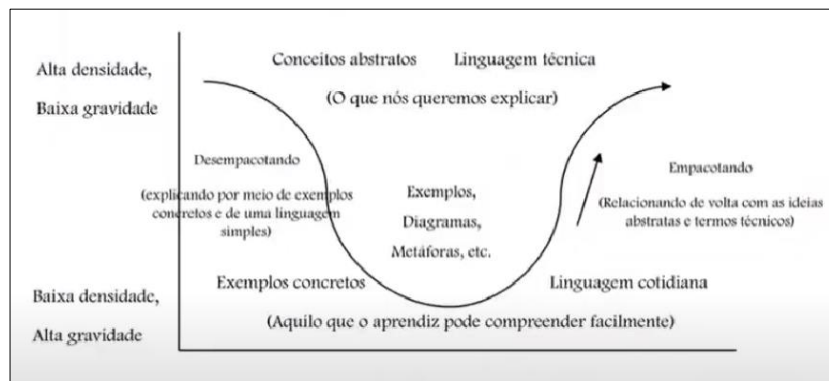
Estas herramientas se pueden utilizar de manera conjunta o por separado. Actualmente, existe una amplia cantidad de estudios enfocados en la noción de GS (Almeida *et al.*, 2021; Córdova *et al.*, 2016; Ferreira y Mortimer, 2019; Georgiou, 2016), mientras que las investigaciones sobre DS son más limitadas, lo que hace que su estudio resulte particularmente enriquecedor; además, la resolución de problemas en física es una actividad que conjuga tanto aspectos predicativos como operativos del conocimiento, por lo que la consideración de la DS podría aportar un marco de análisis más comprensivo y fecundo.

La DS permite visualizar el nivel de concentración de significado dentro de las prácticas; es una forma de evidenciar el nivel de interconexión entre los significados dentro del discurso. Así, cuando la densidad semántica es fuerte (DS+),

es una evidencia que más significado ha sido condensado; en cambio, cuando la densidad semántica es débil (DS-), se muestra que esa práctica ha condensado menos significado. (Maton, 2013; 2016)

Ahora bien, la DS puede establecer un continuo de fuerzas que tienen la capacidad de gradación (Maton, 2013; 2016; Ferreira *et al.*, 2022) a lo largo del tiempo. El movimiento se puede dar en términos de fortalecimiento de la densidad semántica (DS↑) que permite mostrar el paso de un símbolo o término de menor significado a uno con mayor capacidad de significación, proceso que se llama *condensación* del significado o empaquetamiento de significados (Maton, 2013; 2016; Ferreira *et al.*, 2022); en el caso del debilitamiento de la densidad semántica (DS↓), es el paso de un símbolo de mayor significado a uno de menor nivel de significación, proceso conocido como *rarefacción*, en el cual los significados se desempaquetan o debilitan (Maton, 2013; 2016; Ferreira *et al.*, 2022).

Los movimientos que pueden experimentar los códigos semánticos a lo largo del tiempo se evidencian en la *figura 1* que muestra los cambios semánticos que se visualizan en un discurso pedagógico general. Cuando se presenta una alta DS en el aula, se evidencia cómo el discurso hace uso de conceptos abstractos y un lenguaje específico/técnico (discurso vertical); en la medida en que se empieza a debilitar el significado, en tanto se explique haciendo uso de ejemplos concretos y un lenguaje más sencillo, por ejemplo, utilizando diagramas, metáforas, analogías, esto permite desempaquetar el significado con el objetivo de facilitar la comprensión para los estudiantes, este nivel se puede debilitar hasta explicaciones que usen exclusivamente el lenguaje cotidiano (discurso horizontal). Luego, cuando se empieza a condensar el significado a través de relaciones que involucren generalizaciones, abstracciones que incluyan un lenguaje específico propio del campo de conocimiento aprendido, se produce el empaquetamiento de significados que permite construir constelaciones de significados (Maton, 2013); estos movimientos reiterativos permiten formar lo que se conoce como el perfil semántico (Ferreira, 2023).



**FIGURA 1.** Cambios semánticos en el discurso pedagógica a través del debilitamiento y fortalecimiento de la DS y GS. Fuente: Ferreira, 2023.

El perfil semántico constituye una traza de los movimientos de fortalecimiento y debilitamiento de DS y GS a través del tiempo. Los cambios semánticos permiten “*la posibilidad de modelar adicionalmente las transiciones del conocimiento desde comprensiones contextualizadas y más simples hacia significados más integrados, múltiples y profundos*” (Maton, 2013). Los estudios sobre estos temas han permitido mostrar cómo determinados perfiles semánticos promueven o limitan la construcción del conocimiento en el aula (Córdova *et al.*, 2016; Doran, 2019; Ferreira *et al.*, 2022; Georgiou, 2016; Maton, 2013; 2016)

Los códigos semánticos no solo ofrecen la posibilidad de una tipología sobre las prácticas discursivas; sino que permiten construir una topología de relaciones a través de los perfiles semánticos. Resultan ser herramientas fértiles de análisis sobre cambios y entrelazamientos semánticos que se presentan en los campos sociales dedicados a la generación de conocimiento; a través de un análisis multidimensional de las formas, atributos y funciones de los códigos semánticos se evidencian los principios programáticos de las prácticas pedagógicas acumulativas en las aulas (Maton, 2013; 2016).

### III. METODOLOGÍA

La investigación se realizó bajo el paradigma interpretativo, en el que su interés es “*las formas en las que el mundo social es interpretado, comprendido, experimentado y producido*” (Vasilachis, 2006) por los sujetos de investigación. Se supone la realidad como un constructo de participación colectiva que se modifica en la medida en que transcurren las interacciones en la investigación; por esto, se focaliza en la comprensión de la realidad social desde el punto de vista de los actores involucrados (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014; Vasilachis, 2006).



Se ha usado una metodología de corte cualitativo, debido a que permite un abordaje más profundo del problema. El método de generación de datos fue flexible y sensible al contexto social en el que se produce. Es por eso por lo que el diseño cualitativo de estudio de casos “como una estrategia de investigación empírica” es pertinente, ya que “tiende a focalizar, dadas sus características, en un número limitado de hechos y situaciones para poder abordarlos con la profundidad requerida para su comprensión holística y contextual” (Neiman y Quaranta, 2006). El estudio de casos permite un conocimiento profundo del problema, ayudando a aclarar la relación y el papel de los significados de los sujetos en el contexto social.

Los resultados han sido obtenidos a partir del registro de trece grabaciones de clases en línea, cada una con una duración de una hora, realizadas entre mayo hasta noviembre del año 2020 en la división de quinto año con orientación en ciencias naturales de una institución educativa en Córdoba, Argentina. En respuesta a la situación sanitaria de emergencia, la institución educativa implementó encuentros sincrónicos cada quince días a través de Google Meet y una plataforma de mensajería asincrónica para la distribución de material/tareas y comunicación entre docentes y estudiantes.

Las clases virtuales se estructuraron en clases explicativas, resolución de dudas y retroalimentación sobre las entregas de los estudiantes. Los recursos pedagógicos incluían simuladores, material audiovisual, recursos propios diseñados por la docente, documentos disponibles en internet y fuentes de información alternativas con diferentes niveles de complejidad para enriquecer la comprensión de los conceptos estudiados.

La clase número once fue seleccionada como punto focal para el análisis, ya que combinó la explicación teórica con la resolución de problemas en el entorno virtual. Se abordaron los temas relacionados con *termodinámica y calor*, centrándose en *la primera ley de la termodinámica*. Para el análisis se ha realizado una segmentación a partir de la noción de Actividades Típicas de Aula (ATA) (Córdova *et al.*, 2016). La clase se dividió en episodios de inicio, desarrollo y cierre. El de desarrollo se subdividió en explicación del recurso y resolución de problemas.

#### IV. REFERENCIAL TEÓRICO DEL ANÁLISIS DE DATOS: DISPOSITIVO DE TRADUCCIÓN

Para evitar la brecha y la falsa dicotomía entre el corpus teórico y los datos empíricos que en ocasiones se suelen presentar en las investigaciones en educación, dentro de la TCL, y en particular en la dimensión semántica es necesaria la construcción de *un dispositivo de traducción* que ayude a interpretar el nivel de abstracción y condensación de los principios programáticos de GS y DS y cómo se evidencia se evidencian el fortalecimiento y debilitamiento de los códigos semánticos en una práctica social concreta (Maton y Chan, 2016).

En este caso, se realizó una adaptación del dispositivo propuesto por Ferreira *et al.*, (2022) para la DS, en el que se intenta revelar como se construye el continuo de condensaciones de significados (ver la tabla I).

**TABLA I.** Dispositivo de traducción de los niveles de DS para el conocimiento físico. Fuente: adaptado de Ferreira *et al.*, 2022.

	Nivel	Formulario	Descripción	Ejemplo
Fuerte DS + ↑ ↓ Débil DS -	5	Simbólico Representacional	Ecuaciones, diagramas, gráficos e imágenes.	Diagrama de cambio de fase o ecuación de calor latente / sensible
	4	Conceptual Simbólico	Relaciona las propiedades establecidas a través de las ecuaciones y los conceptos científicos asociados.	Relación de proporcionalidad directa entre el calor y la masa en la ecuación de calor latente.
	3	Conceptual submicroscópico	Requiere una comprensión de la teoría corpuscular o modelo de sistema de partículas para explicar el fenómeno.	Asociación entre temperatura y ebullición de un líquido y sus propiedades moleculares
	2	Conceptual macroscópico	Relaciona conceptos científicos con aspectos macroscópicos del fenómeno.	Asociación entre evaporación y temperatura de ebullición de un líquido
	1	Macroscópico o fenomenológico	Relaciona conceptos utilizados en el lenguaje cotidiano con el fenómeno	Asociación entre la evaporación de un líquido y la descripción empírica de la observación

El *nivel 1* corresponde a relaciones que se pueden describir a través del lenguaje cotidiano entre el concepto y la situación; es el nivel *fenomenológico* con un grado de DS débil. El *nivel 2* aparece un aumento de la DS en el que se visualiza las relaciones entre los conceptos científicos y los aspectos macroscópicos del fenómeno a ser explicado, es el nivel *conceptual macroscópico*. El *nivel 3* incluye un mayor uso de lenguaje específico y demanda el conocimiento de teorías científicas para su explicación, como la teoría corpuscular de la materia, que permite revelar el comportamiento microscópico asociados a los cambios físicos, la DS es más alta, es el nivel *conceptual submicroscópico*.

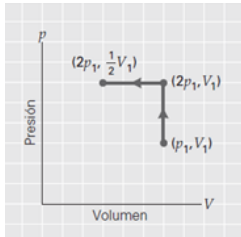
El nivel 4 representa una mayor gama de significación y exige la interrelación entre conexiones que plantea el lenguaje matemático y el conocimiento de la física, goza de un mayor grado de condensación de significado pues pone en juego reconocer las propiedades establecidas a través de las ecuaciones, y las relaciones establecidas entre las magnitudes físicas y, los conceptos y principios físicos asociados, es el nivel *conceptual simbólico*. Por último, el nivel 5 que representa el mayor grado de condensación de significados y gama de relaciones es el *simbólico representacional* que incluye ecuaciones, gráficos, diagramas es una representación del modelo científico estudiado y las teorías científicas involucradas en un grado alto de laconismo.

## V. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para poder comprender la formación de los perfiles semánticos desarrollados en la clase, se va a realizar una descripción de la evolución en la condensación de los significados junto a las herramientas y estrategias usadas en la construcción discursiva de la clase.

En el episodio de resolución de problemas, se abordaron dos situaciones: un problema típico en física térmica que involucra la transferencia de energía de un gas ideal en un proceso cíclico, y la otra, relacionada con la interpretación gráfica del comportamiento de un gas ideal en varios procesos termodinámicos. La descripción y el análisis semántico se va a realizar solamente sobre la situación 1, la situación 2 será objeto de análisis en una próxima publicación. En la tabla II se muestran los enunciados y las preguntas relacionadas con las situaciones.

TABLA II. Situaciones problemas desarrolladas en la clase remota. Fuente: Wilson, Buffa y Lou, 2011.

Situación 1	Situación 2
<p>Una cantidad de gas ideal pasa por un proceso cíclico y efectúa 400 J de trabajo neto.</p> <p>a. La temperatura del gas al término del ciclo es 1- mayor, 2- menor, 3 igual que cuando empezó? ¿Por qué?</p> <p>b. ¿Se añade o se quita calor? ¿De cuánto calor estamos hablando?</p>	<p>Un gas ideal se somete a los procesos reversibles que se muestran en la figura.</p>  <p>a. El cambio total de energía interna del gas (<math>\Delta U</math>) ¿es 1- positivo, 2- negativo, 3- cero? ¿Por qué?</p> <p>b. En términos de las variables de estado p y V, ¿cuánto trabajo efectúa el gas o se efectúa sobre él?</p> <p>c. ¿Cuánto calor neto se transfiere en el proceso total?</p>

Dentro de los principios estructurantes del abordaje en la resolución de la situación 1, la comprensión del enunciado ha permitido clarificar las relaciones entre las magnitudes físicas y las condiciones del problema través de distintas estrategias de solución. Una de las estrategias heurísticas más empleadas por la docente es el uso de la *descomposición del problema en partes*, lo que le ha permitido la construcción de inferencias sobre el enunciado punto a punto. La *interpretación física* del enunciado comprende desde el TH 19 hasta el TH 43. En la *transcripción 1* se con-signa una parte de las interacciones discursivas.

### Transcripción 1

TH 21 Profesora: Primera pregunta ¿qué es un proceso cíclico? ¿Qué les parece a ustedes qué se querrá decir con eso de cíclico?

TH 22 Estudiante 1: Es un proceso que se repite constantemente en un periodo de tiempo

TH 23 Profesora: Puede ser

TH 24 Estudiante 2: ¡Claro!

TH 25 Profesora: ¿Qué más puede ser? Cuando nosotros cerramos un ciclo

TH 26 Estudiante 2: [Inaudible]

TH 27 Profesora: ¡Perdón, no te escuché, ¡otra vez!

TH 28 Estudiante 2: Un proceso que está como dividido

TH 29 Profesora: También puede estar dividido, pero cuando ustedes, por ejemplo, ustedes me están hablando de ciclos entonces empezamos en un punto y ¿dónde terminamos? [Macrocópico fenomenológico]

TH 30 Estudiante 3: En el mismo punto donde empezamos

TH 31 Profesora: ¡Ahí está! eso es importantísimo, tener en cuenta, un proceso es cíclico cuándo empieza y termina en el

*mismo lugar, eso es un proceso cíclico y es sumamente importante entenderlo [Macroscópico fenomenológico], de nuevo, un proceso es cíclico si estoy repitiendo mucho esto ¿qué querrá decir? ¿Qué tengo que hacer con esto?*

**TH 32 Estudiante 2:** ¿Anotarlo?

**TH 33 Profesora:** [Profesora asiente con la cabeza] *Un proceso cíclico cuándo empieza y termina en el mismo lugar, y cómo estamos hablando de gases, decir en el mismo lugar no quiere decir de qué salió a los 3 m y terminó a los 3 m [Macroscópico fenomenológico], significa que empezó con una presión, un volumen y una temperatura y después de completar el ciclo, al final vuelve a tener la misma presión del inicio, la misma temperatura del inicio y el mismo volumen del inicio [Conceptual macroscópico] ¿está bien? ¿Eso se entendió?*

**TH 34 Estudiante 4:** ¡Sí!

La discusión se da alrededor del significado de *procesos cíclicos*. En TH 21 se plantea “¿Qué es un proceso cíclico?” “¿qué les parece a ustedes qué querrá decir con eso de cíclico?”, estas preguntas le permiten fomentar la participación, y a la vez, usar un lenguaje sencillo para que los estudiantes puedan introducirse en el concepto. La docente continúa haciendo énfasis en el lugar de partida y de llegada en el ciclo, para descomponer la pregunta inicial en una pregunta clave “¿dónde terminamos?” (TH 29), aspecto que le ayuda a establecer la igualdad entre el punto de partida y el punto de llegada en un ciclo.

De esta manera, ella generaliza “un proceso es cíclico cuándo empieza y termina en el mismo lugar” (TH 31) y luego, lo infiere para el comportamiento en un gas “significa que empezó con una presión, un volumen y una temperatura y después de completar el ciclo, al final vuelve a tener la misma presión del inicio, la misma temperatura del inicio y el mismo volumen del inicio” (TH 33). El fortalecimiento de la DS se evidencia desde el nivel macroscópico fenomenológico hacia el nivel conceptual macroscópico. Lo que se traduce que cuando un gas está haciendo un proceso cíclico, esto significa que los valores de los parámetros macroscópicos, temperatura, presión y volumen son iguales al inicio y al final. La docente está identificando las condiciones precisas de contorno. La onda semántica correspondiente a la interpretación física del enunciado no aparece por cuestiones de espacio.

Esta relación conceptual se sigue complejizando en la respuesta de la *pregunta (a)* de la situación que comprende desde el TH 44 hasta el TH 69. La *transcripción 2* muestra un extracto de esas interacciones.

#### **Transcripción 2**

**TH 56 Profesora:** [...] entonces la temperatura cuándo terminó el ciclo, el gas terminó a la misma temperatura que empezó, entonces si me pregunta por el valor de la temperatura es la misma que cuando comenzó, ahora si me pregunta por la variación de temperatura ¿qué tengo que decir? [Conceptual simbólico]

**TH 57 Estudiante 2:** ¿Cómo es la pregunta?

**TH 58 Profesora:** Bien, si hablando de la variación de la temperatura en un ciclo, en un proceso cíclico, el gas terminó con la misma temperatura que empezó entonces ¿en cuánto cambia su temperatura? [Conceptual macroscópico]

**TH 59 Estudiante 1:** Puede ser que haya sido constante o que haya variado durante el proceso

**TH 60 Estudiante 4:** [inaudible]

**TH 61 Profesora:** ¡Sí! pero al terminar [Hace un giro con el dedo índice] [Conceptual macroscópico]

**TH 62 Estudiante 4:** ¡No hay variación de temperatura!

**TH 63 Profesora:** ¡Eso, no hay variación de temperatura! ¿Por qué? Y si termino con la misma que empezó ¿qué variación puede haber ahí? [Conceptual simbólico]

**TH 64 Estudiante 1:** ¡Ah! es como cuando vimos el desplazamiento que... ¡Sí, ya está!

**TH 65 Profesora:** ¡Textual! es cuando como vimos desplazamiento, si se movió e hizo un montón de cosas, pero volvió al mismo lugar que empezó [Macroscópico fenomenológico]

**TH 66 Estudiante 1:** ¡Bien!

**TH 67 Profesora:** Acá es igual. ¿Alguna pregunta chicos?

La complejidad conceptual aumenta cuando la docente intenta introducir ideas variacionales para la comprensión del comportamiento del parámetro temperatura dentro del sistema. Como en el caso anterior, en el que la docente utiliza la descomposición del problema: al respecto sobre la variación “¿qué tengo que decir?” o “¿en cuánto cambia su temperatura?”; la inclusión de preguntas claves de una menor DS le permite usar un lenguaje más accesible e introducir a los estudiantes en el tema.

La docente continúa orientando la solución para que los estudiantes tengan presente el estado inicial y final necesario para comprender la variación de una magnitud física, “¡Sí! pero al terminar [Hace un giro con el dedo índice]” (TH 56), usando como herramienta el lenguaje no verbal, “gira el dedo” para que los estudiantes puedan relacionar la igualdad entre la condición inicial y final en el proceso cíclico. Finalmente, la docente concluye que no hubo variación de temperatura porque la temperatura inicial y final eran la misma (TH 63), esta inferencia ha permitido un fortalecimiento en la DS desde el nivel conceptual macroscópico al nivel conceptual simbólico.

Otra estrategia heurística que permitió anclar conocimientos nuevos con previos fue el uso de *analogías*. En este caso es el estudiante quien propone la similitud entre la variación de temperatura de un gas sometido a un proceso cíclico en un contexto térmico y el desplazamiento (variación de la posición) en un contexto mecánico (TH 64 – 66).



Estas asociaciones permiten usar el conocimiento previo como andamiaje para una comprensión más profunda de los conceptos explicados, el debilitamiento de la DS se da en función de particularizar relaciones en otros campos conceptuales ya construidas para luego extrapolarlas al campo conceptual que se está trabajando, desde la mecánica hacia la termodinámica. En la *figura 2* se puede observar la variación en la DS para la resolución de la *pregunta (a)*. El cambio sucesivo de dirección semántica sugiere un empaquetamiento y desempaquetamiento constante, lo que puede indicar que, a través de estrategias de resolución como *descomposición del problema en partes* y *analogías*, han promovido una mayor movilización de significados en el aula. Aspecto que permitió fortalecer el concepto de temperatura en un contexto de procesos cíclicos de un gas, integrando ideas variacionales en el proceso.



**FIGURA 2.** Onda semántica generada por el movimiento de la DS en la resolución de la *pregunta (a)* de la situación 1. Fuente: Elaboración propia.

De igual modo, la docente integra *análisis macroscópicos* y *microscópicos* de los fenómenos términos de forma progresiva en sus explicaciones; a su vez, *análisis de las condiciones de contorno de un sistema* con el propósito de identificar y formular relaciones dentro de la estructura del conocimiento científico. Particularmente, se evidencia en la resolución de la *pregunta (b)*, que comprende desde el TH 70 hasta el TH 123. En la *transcripción 3* se muestra una parte de los intercambios.

### Transcripción 3

**TH 80 Profesora:** Porque si la temperatura del gas al inicio del ciclo es igual a la temperatura de gas cuando el ciclo termina, quiere decir que la temperatura no cambio [**Conceptual macroscópico**], y si la temperatura no cambio la energía interna tampoco; bien, ahora si la energía interna no ha cambiado [**conceptual submicroscópico**], el balance entre el calor intercambiado y el trabajo realizado ¿cuánto me debe dar? [**Conceptual simbólico**]

**TH 81 Estudiante 1:** ¡Cero!

**TH 82 Estudiante 2:** ¡Cero!

**TH 83 Estudiante 3:** ¡Cero!

**TH 84 Profesora:** ¡Exactamente, cero! [**Simbólico representacional**] es decir que delta Q menos el trabajo me debe dar cero entonces ¿hay intercambio de calor? ¿sí o no? [**Conceptual simbólico**]

**TH 85 Estudiante 2:** ¡No!

**TH 86 Profesora:** ¡Sí, Estudiante 2!

**TH 87 Estudiante 1:** ¡Sí! Porque tenemos un trabajo que era de 400 joules

**TH 88 Profesora:** ¡Claro! [**Conceptual submicroscópico**] si estamos haciendo un trabajo de 400 joules y resulta ser que el balance me tiene que dar cero, entonces como me tiene que dar cero, matemáticamente hablando, el valor del trabajo debe ser igual al valor del intercambio de calor [**Conceptual simbólico**] y ¿se añade o se quita calor? ¿Qué opinan?

El uso de la convergencia entre el enfoque macroscópico y microscópico influyó en los cambios de las direcciones semánticas del discurso. Este episodio muestra cómo a partir de las relaciones conceptuales propuestas en la respuesta de la *pregunta (a)* “Porque si la temperatura del gas al inicio del ciclo es igual a la temperatura del gas cuando el ciclo termina, quiere decir que la temperatura no cambio”, el discurso se moviliza en un nivel conceptual macroscópico; la docente reempaqueta el significado hacia un nivel conceptual submicroscópico, asociando el parámetro macroscópico de temperatura con su correlato microscópico, energía interna, estableciendo la inferencia “si la temperatura no cambio la energía interna tampoco”.

La formulación de las condiciones iniciales y finales del sistema (temperatura del gas durante un proceso cíclico), junto con un profundo interés de la docente por el trabajo de condiciones de contorno en sistemas físicos, le permite realizar, a través de la inclusión de ideas variacionales significativas, un tratamiento excepcional para establecer las condiciones de contorno que tiene un sistema termodinámico (Variación de temperatura y variación de energía interna). Este aspecto sugiere cómo el concepto de variación de magnitudes es relativa y trascendental para la estructuración del conocimiento físico y, su comprensión.

Un concepto tampoco puede reducirse a su definición, principalmente si nos interesamos por su aprendizaje y su enseñanza. “Los conceptos y sus relaciones adquieren sentido por y para las situaciones problema, es la capacidad de operatividad que generan” (Escudero, Jaime y González, 2016).

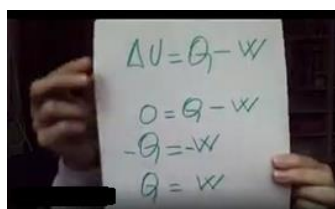
El encadenamiento argumentativo de la docente continúa: si la energía interna del sistema tampoco tuvo variación ( $\Delta U = 0$ ), esto afecta en los intercambios energéticos del sistema. Lo que le permite establecer la cuantificación del balance energético, de acuerdo con la primera ley de la termodinámica, en este contexto. El fortalecimiento de la significación continua ( $DS \uparrow$ ), hasta establecer su correlato simbólico representacional  $\Delta Q - W = 0$  (TH 84). Luego, se debilita la DS para poder plantear la explicación física de la relación matemática establecida (TH 84); las interacciones discursivas permiten establecer que el valor del trabajo debe ser igual al valor del calor intercambiado para que el equilibrio energético del sistema se conserve (TH 88).

Por último, el lenguaje matemático jugó un rol preponderante para la construcción del conocimiento físico, como estructura sin perder de vista la trascendencia de los principios organizadores físicos como son los teoremas de conservación, en este caso de la energía. Dicho teorema trasciende la mecánica al incorporar la energía interna y sus variaciones.

En la transcripción 4 se visualiza la segunda parte de la pregunta (b).

#### Transcripción 4

**TH 94 Profesora:** Posdata ¿verdad? [Muestra el procedimiento en su totalidad como se ve en la figura 3] [Simbólico representacional]



$$\begin{aligned}\Delta U &= Q - W \\ 0 &= Q - W \\ -Q &= -W \\ Q &= W\end{aligned}$$

**FIGURA 3.** Procedimiento correspondiente a la pregunta (b) de la situación problema 1. Fuente: registros de la observación.

**TH 95 Estudiante 1:** No estaría entendiendo profe

**TH 96 Profesora:** ¿Se alcanza a ver el último renglón?

**TH 97 Estudiantes:** ¡Sí, ahora sí!

**TH 98 Profesora:** La variación de energía interna es igual al balance entre estas dos cosas [Conceptual simbólico] [Señala el primer renglón de la Figura 3], pero como la temperatura no cambió entonces no hay variación de energía interna [Conceptual submicroscópico], por eso da cero la resta entre esas dos cantidades [Señala el segundo renglón que se muestra en la Figura 7]. Sí yo despejo Q, acá yo pasé Q restando al otro lado [Señala el tercer renglón que se muestra en la Figura 3], me hubiera convenido pasar W ¡sí!, llegó a este valor de acá abajo de todo [Último renglón que aparece en la Figura 3], que es la cantidad de calor intercambiada es igual a la cantidad de trabajo realizado ¿sí? [Conceptual simbólico] ¿Ahora cuánto era el valor del trabajo realizado? eran 400 joules...

[...]

**TH 104 Profesora:** El valor positivo, como dice el estudiante 2, el sistema está recibiendo calor porque este número me dio positivo entonces se debe añadir calor al sistema [Conceptual simbólico], ¿se entiende?

Esta correlación entre física y matemática ayuda a que la resolución de problemas goce de un nivel alto de significancia para los estudiantes que se evidencia en el fortalecimiento de la DS en este turno de habla. Se empieza por la primera ley de la termodinámica “La variación de energía interna es igual al balance entre estas dos cosas” refiriéndose al calor y el trabajo como formas de transferencia de energía; este nivel corresponde al conceptual simbólico, las relaciones matemáticas le permiten servir de sustento en la construcción del conocimiento físico. Disminuye el nivel de DS, pasando a la interpretación microscópico del fenómeno “pero como la temperatura no cambió entonces no hay variación de energía interna”, relacionando de esta forma la temperatura (parámetro macroscópico) con la energía interna (parámetro microscópico); lo que implica que el equilibrio entre las formas de transferencia de energía en el gas debe ser cero, es decir, la energía se debe conservar para mantener este balance “la cantidad de calor intercambiada es igual a la cantidad de trabajo realizado” ( $DS \uparrow$ ).

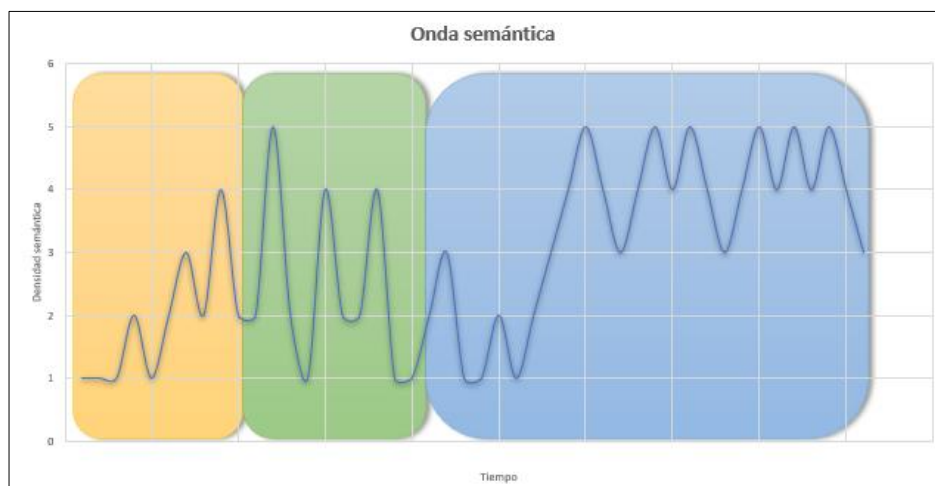
En el TH 104 se evidencia el uso de la estrategia *análisis de los resultados* para identificar la relación entre el resultado numérico positivo y la entrega o quita de energía. Lo que demuestra una coherencia en la forma como la docente orienta la resolución de problemas, evitando reducirlo a un proceso algorítmico. Por el contrario, se evidencia su compromiso en la promoción de estrategias que promuevan una comprensión profunda sobre el uso del lenguaje matemático como estructura del conocimiento físico. Estas estrategias mejoran la habilidad de los estudiantes para analizar y cuestionar los resultados, lo que le permite construir inferencias, identificar posibles errores y comprender el significado detrás de las expresiones matemáticas.

En la figura 4 se puede apreciar la onda semántica relacionada con la resolución de la pregunta (b). Se evidencia como cada paso en el proceso de resolución tiene su debida interpretación y justificación en términos de los fundamentos físicos, lo que ha permitido la transición fluida de la onda semántica, entre distintos niveles de significación. La oscilación de la onda sugiere cómo las orientaciones dadas por la docente en la resolución del problema han promovido que las matemáticas contribuyan en la comprensión, estructuración y formalización del conocimiento físico.



**FIGURA 4.** Onda semántica generada por el movimiento de la DS en la resolución de la pregunta (b) de la situación problema 1. Fuente: Elaboración propia.

El perfil semántico asociado a las interacciones discursivas en el proceso de resolución de problemas de la situación 1 se visualiza en la figura 5.



**FIGURA 5.** Onda semántica generada por el movimiento de la DS en la resolución de situación problema 1. ■ Interpretación física del enunciado ■ Pregunta (a) ■ Pregunta (b). Fuente: Elaboración propia.

Al inicio de la resolución la condensación del significado está más relacionado con descripciones empíricas, y en la medida en que la resolución del problema avanza, la significación se fue fortaleciendo hasta llegar a ser más abstracta, usando un lenguaje cada vez más preciso que permitió la construcción de relaciones entre los conceptos cada vez más integradores y una conceptualización enriquecida cada vez más significativa.

En este sentido, las interacciones discursivas orientadas por la docente contribuyeron de manera notable a que la resolución de problemas promoviera la construcción de conocimiento acumulativo en el aula, a través de distintas estrategias:

- Estructuración de la resolución: analogías, análisis de condiciones de contorno, descomposición de problemas en partes, lectura comprensiva del enunciado.
- Estructuración del contenido físico: enfoques macroscópicos y microscópicos, lenguaje matemático como estructura del conocimiento de la física, ideas variacionales como magnitudes relativas.
- Operaciones cognitivas del pensamiento: explicaciones científicas, inferencias, generalizaciones, argumentaciones.

En estos términos, se puede sugerir que la resolución de problemas construida por la docente en el escenario virtual constituyó una resolución genuina e intencional que representó una amalgama acabada entre el conocimiento predicativo y operatorio.

## VI. CONCLUSIONES

La TCL constituye un campo fecundo para la investigación en educación. Fundamentalmente, la dimensión semántica permite un análisis más profundo de las formas en las que son transmitidos y construidos los significados en el aula, a través del constructo DS.

La versatilidad de la herramienta del perfil semántico permitió mostrar la heterogeneidad de las ondas semánticas que se pueden gestar en el discurso pedagógico. Particularmente, las interacciones discursivas construidas por la docente en la resolución de problemas generaron un diálogo constante entre significados abstractos, complejos y condensados; hasta significados sencillos, específicos lo que contribuyó en la construcción de conocimiento acumulativo con poder explicativo en el aula (Maton, 2013; 2016).

Los resultados mostraron la preocupación didáctica de la docente durante la construcción discursiva conjunta al priorizar tanto el contenido de las explicaciones como su estructura, fomentando la precisión del lenguaje científico. Las ideas variacionales trascendieron la estructura del contenido, permitiendo que el análisis de las condiciones de contorno de los sistemas termodinámicos en un contexto de enseñanza virtual en el secundario promoviera una comprensión profunda de los conceptos físicos.

Por otro lado, las interpretaciones macroscópicas y microscópicas en los análisis energéticos de los cambios físicos permitieron enriquecer progresivamente los conceptos científicos y fortalecer la gama de significados. Este enriquecimiento se debe a que su relación y coherencia permite que los cambios sobre los sistemas puedan ser interpretados desde dos visiones complementarias y convergentes, esta perspectiva facilita la comprensión a los estudiantes. (Furió-Gómez et al., 2007)

Otro aspecto, no menor, que se logró visualizar es el papel de la matemática al presentarse como un lenguaje para la construcción y comprensión del conocimiento físico a lo largo de la clase. En estas observaciones, los conceptos físicos son pensados de manera inherente a la matemática. Lo que hizo que la matemática no solo desempeñara un papel estructural en la génesis del proceso de producción de significados físicos que permitan la interpretación de los fenómenos naturales. A raíz de esa relación, la inclusión de la categoría *conceptual simbólico* dentro del dispositivo de traducción de la densidad semántica busca evidenciar como el lenguaje matemático ofrece precisión, claridad, generalidad en la construcción del conocimiento físico amalgamado a los principios físicos organizadores.

Aunque sigue siendo un punto que requiere una mayor reflexión y se encuentra en construcción, coincidimos con los planteamientos de Ferreira *et al.*, (2022) sobre la necesidad de diseñar un dispositivo de traducción que pueda dar cuenta del simbolismo asociado a las prácticas discursivas de construcción de conocimiento en el aula. Como lo anticipan Córdova *et al.*, (2016) en el caso del discurso pedagógico orientado a la enseñanza de conceptos abstractos, tanto la mediación como la posibilidad de un flujo semántico entre los diferentes niveles de significación para la construcción de una onda semántica, reviste una mayor dificultad.

Si bien, la pandemia supuso un gran reto en el sistema educativo —sobre todo hizo que la responsabilidad de sostener el vínculo pedagógico recayera exclusivamente en los docentes— hubo profesores que marcaron la diferencia y se comprometieron de manera significativa con la enseñanza a través de los escenarios remotos. Estos resultados, aunque parciales, evidencian como en escenarios de enseñanza virtuales con una clara intencionalidad didáctica y compromiso se puede promover la construcción de conocimiento a través de la resolución de problemas.

Lo cierto es que los principios organizativos de construcción de conocimiento en las prácticas discursivas en la resolución de problemas en ciencias, y en particular en física, no constituye un campo ampliamente documentado en la literatura. En este sentido, representa un tema de actualidad para futuros debates e investigaciones en educación en ciencias, así como para la formación de docentes tanto inicial como en servicio.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas y de Creación Artística CICITCA de la Universidad Nacional de San Juan por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente al proyecto de investigación 80020220100172SJ.

## REFERENCIAS

- Almeida, L., Silva, A. & Ferreira, B. (2021). Semantic Gravity and Contextualization in the Chemistry Questions of the Brazilian National High School Examination. Documento presentado en XIX IOSTE 2020. Daegu, Korea.
- Córdova, J., Melo, G., Bacigalupo, F. y Manghi, D. (2016). Olas de significado en la interacción profesor-alumno: análisis de dos clases de Ciencias Naturales de un 6to de primaria. *Ciência & Educação*, 22(2), 335-350. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320160020005>
- Doran, Y. (2019). Building knowledge through images in physics. *Visual Communication*, 18(2), 251–277. DOI: <https://doi.org/10.1177/1470357218759825>
- Elizondo, M. (2013). Dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física. *Presencia Universitaria*, 3(5), 70–77.
- Escudero, C. y Moreira, M. A. (1999). La V epistemológica aplicada a algunos enfoques en resolución de problemas. *Enseñanza de las ciencias*, 17(1), 6168.
- Escudero, C., González, S. y García, M. (1999). Resolución de problemas en el aula de física: Un análisis del discurso de su enseñanza y su aprendizaje en nivel medio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(3), 229–251.
- Escudero, C. y Jaime, E. (2007). La comprensión de la situación física en la resolución de problemas: Un estudio en dinámica de las rotaciones. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 1-19.
- Escudero, C. y Moreira, M. A. (2004). La investigación en resolución de problemas: una visión contemporánea. Programa Internacional de Doutorado em ensino de Ciências (PIDEC). Texto de Apoio 28 Nº 23 da Universidad de BURGOS/UFRGS. *Actas del PIDECE*, 6, 41-90.
- Escudero, C. (2005). Inferencias y modelos mentales: un estudio de resolución de problemas acerca de los primeros contenidos de Física abordados en el aula por estudiantes de nivel medio. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Burgos-UFRGS, Burgos, España.
- Escudero, C., Jaime, E. y González, S. (2016) Hacia la conciencia cuántica a partir del efecto fotoeléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 203-220.
- Escudero, C., González, S. y Jaime, E. (2016). Encuentros no causales: la física y la matemática en la resolución de situaciones problemáticas. En C. Escudero y S. Stipich (Comp.). *Pasaporte a la enseñanza de las ciencias: La modelización como eje organizador para la construcción de significados*. (69-88). Argentina: Noveduc.
- Ferreira, B. (2023, 05 de junio). ¿Cómo construir (y surfear) olas semánticas en el aula de ciencias? [Conferencia] 7º Encuentro de Investigación en Educación en Ciencias Naturales y Tecnología. Buenos Aires, Argentina. <https://www.youtube.com/watch?v=-dThS4bpyfw>
- Ferreira, B. e Mortimer, E. (2019). Ondas semânticas e a dimensão epistêmica do discurso na sala de aula de química. Em *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(1), 62-80. DOI: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p62>
- Ferreira, B. Silva, A. & Mortimer, E. (2022). Using variation in classroom discourse in chemistry teaching: making chemistry more accessible. En M. Blackie, H. Adendorff y M. Mouton, M. (Eds.), *Enhancing science education: Exploring knowledge practices with legitimation code theory* (82–102). Routledge.
- Furió-Gómez, C., Solbes, J., y Furió-Mas, C. (2007). La historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 461-475. DOI: [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2007.v4.i3.05](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i3.05)
- 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* (233-254). Routledge.
- Halliday, M.A.K. & Martin, J.R. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.



- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (6a ed.)*. México, D.F., México: McGraw-Hill Interamericana
- Maton, K. (2013). Making semantic waves: A key to cumulative knowledge-building. *Linguistics and Education*, 24(1), 8–22. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.linged.2012.11.005>)
- 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*. (19-46). Routledge.
- Maton, K. & Chen, R. (2016). LCT in qualitative research: creating a translation device for studying constructivist pedagogy. En K. Maton, S. Hood, y S. Shay (Eds.), *Knowledge-building: Educational studies in legitimation code theory*. (48-75). Routledge.
- Moreira M. & Greca, I. (2003). Cambio Conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo. *Ciência & Educação*, 9(2), 301-315. (DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200010>)
- Neiman, G. y Quaranta, G. (2006). Los estudios de caso en la investigación sociológica. En I. Vasilachis (Coord.), *Estrategias de investigación cualitativa* (213-234). Barcelona, España: Gedisa.
- Pietrocola, M. (2002). A matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 19(1), 93-114.
- Vasilachis, I. (2006). La investigación cualitativa. En I. Vasilachis (Coord.). *Estrategias de investigación cualitativa* (23-60). Barcelona, España: Gedisa.
- Wilson, J., Buffa, A. y Lou, B. (2011). Termodinámica, En J. Wilson, A. Buffa y B. Lou (Eds.), *Física 10* (333–368). México: Pearson.