

Integrando la semántica del discurso en contexto de enseñanza remota de emergencia: la representación gráfica en situaciones problema de física

Integrating discourse semantics in emergency remote teaching context: graphic representation in physics problem situations

Denise De Grey Zuluaga Duque^{1*}, Consuelo Escudero^{2 3}

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

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

³Facultad 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

Resumen

El potencial de la inclusión de múltiples representaciones de conceptos físicos ha mostrado ser beneficioso para alcanzar una mayor significación y comprensión en contextos de resolución de problema. Este trabajo presenta un análisis parcial del estudio de los principios programáticos de construcción de conocimiento acumulativo en un contexto de enseñanza remota en una clase de física de quinto año de educación secundaria, que integra problemas con diagramas P-V. La dimensión semántica de la Teoría de los códigos de legitimación proporcionó herramientas de análisis multidimensionales que permitieron reconocer el valor de diversas estrategias de resolución y de contenido para identificar cómo se forman, organizan y validan los significados en el aula.

Palabras clave: Diagramas P-V; Resolución de situaciones problemas; Semántica; Teoría de los códigos de legitimación; Pandemia.

Abstract

The potential for the inclusion of multiple representations of physical concepts has been shown to be beneficial in achieving greater meaning and understanding in problem-solving contexts. This paper presents a partial analysis of the study of the programmatic principles of cumulative knowledge construction in a remote teaching context in a fifth-year secondary school physics class integrating problems with P-V diagrams. The semantic dimension of the Theory of Legitimation Codes provided multidimensional analysis tools that allowed us to recognize the value of various resolution and content strategies to identify how meanings are formed, organized and validated in the classroom.

Keywords: P-V diagrams; Problem solving; Semantics; Theory of legitimacy codes; Pandemic.

I. INTRODUCCIÓN

Es ampliamente aceptado que sistemas como la escritura y la notación numérica tienen estructuras complejas que sólo se comprenden plenamente tras años de aprendizaje (Ferreiro, 2002; Pozo y Postigo, 1999). Sin embargo, menos se reconoce que los símbolos, gráficos y ecuaciones en Física también requieren una dedicación rigurosa, especialmente en la resolución de problemas. La ciencia considerada como un lenguaje híbrido, combina representaciones gráficas, escritura, discurso y expresiones matemáticas (Carmo y Carvalho, 2009), lo que le confiere una naturaleza multi semiótica que dificulta su enseñanza debido a la falta de claridad en sus características y estructura.

El aprendizaje de las ciencias está intrínsecamente vinculado con la adquisición de un nuevo lenguaje (Santos, Silva y Mortimer, 2022), lo que implica coordinar múltiples representaciones externas de conceptos físicos de manera efectiva y productiva, para avanzar y ganar en significado para construir conocimiento científico (Brookes y Etkina, 2015; Meltzer, 2004). Los sistemas externos de representación son objetos visibles que poseen una doble naturaleza: por un lado, forman un conjunto de marcas desplegadas en el espacio y directamente perceptibles, y por otro, remiten a otra realidad. Las propiedades de estos sistemas determinan lo que es posible dentro de ellos y, crean nuevas realidades que permiten discriminar otras relaciones, como sucede con los mapas, la escritura, la notación numérica, entre otros (Martí, 2003). Esta complejidad presenta desafíos en el discurso pedagógico del aula, destacando la necesidad de considerar la diversidad de lenguajes utilizados en la construcción de significado.

Sin embargo, hay pocas investigaciones sobre el análisis del lenguaje gráfico en ciencias naturales, particularmente en la construcción e interpretación de diagramas *P-V* de transformaciones termodinámicas (Loverude, Kautz y Heron, 2002). En el ámbito de la enseñanza de la termodinámica, aunque se han abordado las dificultades relacionadas con la confusión principalmente entre los conceptos de calor, temperatura y energía interna (Loverude *et al.*, 2002; Meltzer, 2004), hay una falta de estudios sobre la comprensión y enseñanza de los diagramas *P-V*. Estos diagramas son fundamentales para representar y analizar cambios de estado porque permiten identificar dependencia entre variables, visualizar tendencias y extraer patrones (Carmo y Carvalho, 2009).

Esta investigación explora cómo las interacciones discursivas en un aula de física, en un contexto de digitalización forzada y centradas en diagramas *P-V* contribuyen a construir conocimiento científico. Utilizando la dimensión semántica de la Teoría de los códigos de legitimación (TCL) a través de la gravedad y densidad semántica (GS y DS), permite analizar la formación del significado y su interrelación (Maton, 2013, 2016). Debido a limitaciones de espacio, esta comunicación se centrará en la DS y en cómo el discurso pedagógico integra los distintos lenguajes; lo que mejora la comprensión de conceptos científicos y facilita una comunicación más clara y enriquecida, promoviendo un aprendizaje profundo mediante la resolución de problemas. Este trabajo es un avance parcial de una investigación de posgrado en curso.

II. MARCO TEÓRICO

La resolución de situaciones problemáticas es intrínsecamente compleja porque requiere la integración de diversas habilidades cognitivas que los estudiantes a menudo desarrollan de manera fragmentada o no logran desarrollar. La principal dificultad está en *reconocer las operaciones del pensamiento*, es decir, los procesos cognitivos necesarios para relacionar correctamente los datos del problema, como *hipótesis, analogías y metáforas*, cuya efectividad dependen del nivel de conceptualización del sujeto (Escudero, 2005; Moreira y Greca, 2003). En este sentido, la resolución de problemas y la formación de conceptos son elementos inseparables en la conceptualización, esenciales para el desarrollo cognitivo. Gozan de una relación dialéctica que permite al estudiante dar sentido a los conceptos aprendidos mediante la resolución (Escudero, 2005; Escudero y Jaime, 2007).

Reflexionar sobre la estructura del discurso pedagógico es crucial para orientar efectivamente la resolución de situaciones problema. Según Bernstein, este discurso combina el lenguaje horizontal y vertical, lo que favorece al desarrollo cognitivo del estudiante y su transición hacia el uso del discurso científico. El lenguaje horizontal o código restringido, es cotidiano, informal, dependiente del contexto, con vocabulario limitado y gramática sencilla. En contraste, el lenguaje vertical, o código elaborado, es abstracto, formal y autónomo del contexto, con un vocabulario extenso y preciso, organizado en estructuras gramaticales complejas, típico de las ciencias (Córdova, Melo, Bacigalupo y Manghi, 2016; Maton, 2013, 2016). Lo que hace que el discurso docente goce de una gramática específica que se deriva de sus generalizaciones y nominalizaciones, e incluye transiciones entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje científico para facilitar la comprensión de los estudiantes.

El estudio del conocimiento como objeto de investigación es esencial para descifrar sus estructuras, formas de organización y efectos. Superar *la ceguera al conocimiento* es crucial, ya que su estructura a menudo no es explícita para docentes y estudiantes (Maton, 2013, 2016; Santos *et al.*, 2022). Debido a que en muchos casos los enfoques psicológicos y sociológicos han abordado el conocimiento de manera genérica, como formas de aprendizaje o como manifestaciones del poder social, sin considerar sus características intrínsecas (Maton, 2013).

La TCL es un constructo multidimensional que permite analizar los principios que fundamentan la construcción, organización y legitimación del conocimiento en prácticas sociales. Estos principios se conceptualizan como *códigos de legitimación*, que determinan qué conocimiento se considera valioso y legítimo en un campo particular; permitiendo comprender los fundamentos ontológicos y epistemológicos de la elaboración del conocimiento, así como revelar sistemáticamente las similitudes y diferencias dentro de un continuo de fuerzas que representan estos códigos, mostrando una visión más dinámica e integral (Maton, 2016). Dentro de los objetivos de la enseñanza es lograr que los miembros del campo de la educación científica manejen estos códigos para hablar con legitimidad en el campo.

La TCL se compone por cinco dimensiones: especialización, autonomía, semántica, temporalidad y densidad; que permite evidenciar un código de legitimación particular creado por las prácticas. Particularmente, la dimensión semántica es de interés por su potencial para comprender cómo los significados se forman y estructuran mediante las interacciones discursivas en contextos de resolución de problemas en clases virtuales. El aula de física, especialmente, se considera una estructura semántica cuyas reglas de legitimación se conceptualizan a través de códigos semánticos basados en la GS y DS. La GS muestra la variabilidad contextual de los significados indicando la dependencia del significado en el contexto; mientras, la DS muestra el nivel de interconexión entre significados. Tanto la GS como la DS trazan un continuo de fuerzas con capacidad infinita de gradación a lo largo del tiempo que permite construir perfiles semánticos.

El perfil semántico es una herramienta metodológica que ayuda a visualizar los cambios de la dirección semántica de los significados que se construyen a través del lenguaje. Según Maton, el discurso pedagógico construido por los docentes debería formar las semánticas durante sus clases, facilitando una transición entre el discurso científico y el discurso cotidiano que permita servir de andamiaje de los conceptos científicos abstractos para la comprensión e integración al discurso científico del novato (Córdova *et al.*, 2016; Maton, 2013, 2016).

La Figura 1 muestra un modelo generalizado del perfil semántico del discurso vertical o abstracto (línea punteada superior) que presenta una alta DS y una baja GS constituye teorizaciones descontextualizadas; el discurso horizontal o cotidiano (línea punteada inferior) se caracteriza por un baja DS y alta GS conforma un discurso dependiente del contexto conformado por descripciones empíricas; y el discurso pedagógico (línea curva) es un discurso recontextualizado que involucra transiciones dinámicas y fluidas entre los diferentes niveles de GS y DS.

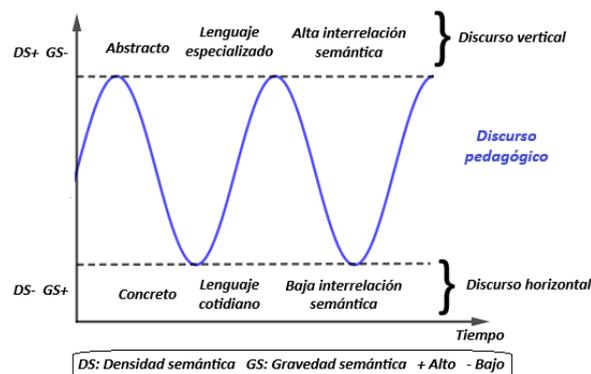


FIGURA 1. Perfil semántico del discurso vertical, discurso horizontal y discurso pedagógico. Fuente: Adaptado de Maton, 2016.

III. METODOLOGÍA

La investigación adoptó un paradigma interpretativo bajo una metodología de *estudio de caso* por su flexibilidad y capacidad de análisis contextualizado, lo que facilitó un abordaje profundo del problema. Este enfoque permite captar la complejidad de la vida social y el rol de los actores en los procesos sociales, creando explicaciones causales sobre el contexto estudiado (Neiman y Quaranta, 2006). El estudio se centró en un aula de física de quinto año de secundaria

con orientación en ciencias naturales en Córdoba, Argentina, durante 2020, en el contexto de emergencia sanitaria por Covid-19 que trasladó la educación a un entorno virtual. Las clases sincrónicas se realizaban cada quince días mediante Google Meet. Los demás intercambios y materiales se gestionaban a través de una plataforma de mensajería asincrónica proporcionada por la institución.

Los datos se obtuvieron a partir del registro de trece grabaciones de clases en línea, cada una con una duración de una hora. Se seleccionó la clase once para el análisis por su enfoque en la resolución de problemas y la interpretación de diagramas P-V. Para el análisis de datos, se diseñó y validó un dispositivo de traducción para la DS con el propósito de explorar cómo las interacciones discursivas materializaron las complejidades relacionales de significados durante el desarrollo de la clase. La transcripción de la clase se segmentó teniendo en cuenta: las actividades típicas de aula, episodios y turnos de habla. Los niveles de DS se asignaron con base en los turnos de habla y los significados que se iban generando durante la clase.

A. Referencial teórico del análisis de datos: dispositivo de traducción

Un dispositivo de traducción es una herramienta que facilita la conversión entre conceptos teóricos y datos empíricos. Para el diseño se consideraron los niveles de comprensión gráfica propuestos por García-García, Encarnación y Arredondo (2020), que explican cómo los estudiantes interpretan y comprenden los gráficos. Asimismo, se integró el dispositivo de DS propuesto por Santos *et al.* (2022), que proporciona una comprensión más profunda de cómo se relacionan y condensan los significados en un contexto educativo. La combinación de ambos enfoques enriqueció el diseño del dispositivo, permitiendo un análisis exhaustivo del continuo relacional de significados construidos en el aula.

El dispositivo para la DS se detalla en la Tabla I y está compuesto por seis niveles. El *Nivel 1*, denominado *reconocimiento fenomenológico*, identifica el comportamiento de las variables termodinámicas en un lenguaje cotidiano con menor DS. El *nivel 2*, *reconocimiento macroscópico*, describe los conceptos básicos representados en el gráfico. El *Nivel 3*, *relacional macroscópico*, establece relaciones entre los conceptos básicos y la forma de la curva. El *Nivel 4*, *integración conceptual macroscópico*, muestra la relación entre conceptos científicos y las transformaciones termodinámicas en el gráfico. El *Nivel 5*, *integración conceptual microscópico*, requiere conocimiento de teorías, leyes o principios para explicar interpretaciones gráficas en términos de interacciones energéticas. Finalmente, *el Nivel 6*, *integración conceptual simbólico*, articula diferentes lenguajes específicos para estructurar y comunicar el conocimiento científico, representando el nivel más alto de DS.

TABLA I. Dispositivo de traducción de los niveles de densidad semántica para diagramas PV. Fuente: Elaboración propia.

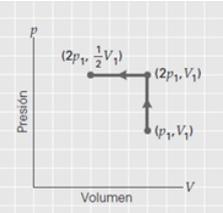
DS	Nivel	Formulario	Descripción	Ejemplo
Fuerte DS +	6	Integración conceptual simbólico	Relación entre las representaciones simbólicas de los principios/leyes o teorías físicas y las observaciones realizadas sobre el gráfico.	La expresión matemática $W = P\Delta V$ permite identificar el trabajo realizado por un gas y se relaciona con el área bajo la curva de diagramas P-v.
	5	Integración conceptual microscópico	Explicación de los procesos termodinámicos que son representados en la gráfica en términos de interacciones energéticas de acuerdo con la teorías, leyes o principios científicos que los rigen.	El área bajo la curva en un proceso isobárico representa el trabajo realizado por el gas.
	4	Integración conceptual macroscópico	Integración de conceptos científicos elementales/fundamentales (P, V y T) que permitan describir los procesos termodinámicos representados en el gráfico. (forma de la gráfica)	En un proceso de expansión isotérmica, el volumen del gas aumenta mientras que la presión disminuye a temperatura constante, por lo que la curva es descendente, llamada isoterma.
	3	Relacional macroscópico	Relación entre conceptos básicos (P, V) y la forma específica del gráfico referenciando valores de las coordenadas / intervalo.	Cuando el volumen aumenta en el gráfico y la presión disminuye, lo que se puede evidenciar es una curva

			descendente entre el punto A y B del gráfico.
	2	Reconocimiento macroscópico	Identifica y describe los conceptos básicos (P, V) representados en el gráfico: variables, unidades de medida, ejes, forma global de la gráfica. El gráfico muestra un diagrama de PV, en el eje horizontal el volumen está expresado en litros y en el eje vertical la presión está expresada en atmósfera.
Débil DS -	1	Reconocimiento Fenomenológico	Identifica y describe conceptos básicos (P, V y T) y su comportamiento en fenómenos físicos, utilizando lenguaje cotidiano y ejemplos de la vida diaria. Cuando aprieta un globo con las manos, al hacer presión, el aire dentro del globo se comprime y el globo se hace más pequeño.

IV. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La clase número once se dividió en dos partes. En la primera parte, se explicó el documento teórico proporcionado a los estudiantes. La segunda parte se dedicó a la resolución de dos problemas. La *primera situación*, relacionado con procesos cíclicos y sus leyes, busca identificar las propiedades de estado y cambios; para un análisis más detallado, se recomienda consultar el documento de Zuluaga y Escudero (2023). La *segunda situación* consistió en la lectura e interpretación de un diagrama P-V en un proceso reversible de un gas, cuyo enunciado y representación gráfica se presentan en la Tabla II.

TABLA II. Enunciado y gráfica de la *situación 2* desarrollada en la clase virtual. Fuente: Wilson, Buffa y Lou, 2011.

Situación 2	
<p><i>Un gas ideal se somete a los procesos reversibles que se muestran en la figura.</i></p> 	<p>a. El cambio total de energía interna del gas (ΔU) ¿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>

La clase inicia con un *análisis cualitativo* del enunciado, una actividad fundamental para establecer relaciones generales entre las variables y asociar los principios y leyes subyacentes que rigen el comportamiento de los sistemas termodinámicos. Para ello, el uso de preguntas con dificultad creciente facilitó la construcción de una interpretación física inicial de la situación. En la *transcripción 1* se observa cómo se abordan los cambios de estado del gas entre el primer y segundo estado.

Transcripción 1

TH 133 P: [...] Bien, ¿qué cambios se producen en las variables representadas? ¿Qué cambios están viendo ahí, en las variables? [Reconocimiento macroscópico]
 TH 134 E 6: ¿Un aumento de volumen?
 TH 135 P: ¿El primero es un aumento de volumen?
 TH 136 E 6: Un aumento de presión, ¡perdón! y un descenso del volumen
 TH 137 P: ¿El volumen desciende? [Relacional macroscópico]
 TH 138 E 6: ¡Eh!
 TH 139 P: Mira acá, ¿cómo está? pero fijate que acá tengo presión uno y volumen uno [Se refiere al punto (p_1, v_1) de la gráfica] [Reconocimiento macroscópico]; y acá tengo el doble de la presión uno [Relacional macroscópico] y ¿qué paso con el volumen uno? [Se refiere al punto $(2p_1, v_1)$ de la gráfica] [Reconocimiento macroscópico]

TH 140 E 3: ¡Es el mismo volumen!
 TH 141 P: ¡Es el mismo volumen! [Relacional macroscópico]
 TH 142 E 3: ¿o sea podemos ponerles el nombre a los puntos? O sea, tiene el nombre ahí, pero punto uno, punto dos, punto tres [Reconocimiento macroscópico]
 TH 143 P: Si este es el punto uno [Se refiere al punto (p_1, v_1) de la gráfica], este es el punto dos [Se refiere al punto $(2p_1, v_1)$ de la gráfica] y este el punto tres [Se refiere al punto $(2p_1, \frac{1}{2} v_1)$ de la gráfica] [Reconocimiento macroscópico]
 TH 144 E 3: O sea, en el punto uno el volumen es el valor uno y la presión es el valor uno [Reconocimiento macroscópico], pero en el punto dos aumenta la presión y el volumen es constante [Relacional macroscópico]

En el desarrollo de la interpretación física del enunciado, se utilizaron *preguntas de andamiaje y retóricas*. Las preguntas de andamiaje, como “¿qué cambios se producen en la variable representada?”, permitieron a los

estudiantes identificar los cambios en las variables P y V (*reconocimiento macroscópico*). Esta pregunta se fragmentó en preguntas más simples para vincular los elementos visualizados en el gráfico con el comportamiento de los parámetros físicos (TH 133). Las *preguntas retóricas*, por otro lado, fomentan la reflexión al ponerlo en duda afirmaciones previas, aumentando la condensación de los significados (DS \uparrow) al pasar del nivel *reconocimiento macroscópico* al *relacional macroscópico* (TH 134 – 138), buscando que los estudiantes relacionen el comportamiento de los parámetros P y V en ambos estados.

Una de las dificultades en la solución de este problema es que el gráfico incluye coordenadas en notación simbólica, lo cual incrementa la generalización del problema y su demanda cognitiva. Por ello, es fundamental una enseñanza explícita del *razonamiento proporcional* para su correcta interpretación. En el TH 139, se observa cómo la docente, mediante explicaciones verbales, aclara el significado de la notación simbólica. Inicialmente, describe de manera literal, “*fíjate que acá tengo presión uno y volumen uno*”, y luego interpreta su significado en términos físicos, “*y acá tengo el doble de la presión uno*”, mostrando un fortalecimiento de la DS entre el nivel dos y tres.

La inclusión explícita de razonamientos proporcionales permite orientar la interpretación del lenguaje algebraico en términos científicos, empleando conceptos específicos de la física para explicar símbolos y notaciones algebraicas que representan cantidades. Este tipo de razonamiento facilita la comprensión de cómo las variaciones en una cantidad afectan a otras relacionadas, una habilidad esencial para interpretar datos y resolver problemas.

La *nominalización* fue otra estrategia utilizada en el proceso de resolución, en este caso, solicitada por los estudiantes. El TH 142 evidencia la necesidad de un estudiante de nombrar los puntos del gráfico para mayor claridad y simplicidad al referenciarlos, lo que le permite señalar: “*en el punto uno el volumen es el valor uno y la presión es el valor uno, pero en el punto dos aumenta la presión y el volumen es constante*”. Esta estrategia permitió al estudiante organizar y estructurar las relaciones físicas presentes en el gráfico, fortaleciendo la DS y posibilitando una comunicación eficiente con un lenguaje común y simplificado, promoviendo el intercambio de ideas, el trabajo colaborativo y la democratización del discurso en un contexto de educación remota.

Por otro lado, el trabajo de habilidades científicas como la generalización es fundamental en la resolución de situaciones problema, lo que se ilustra durante las interacciones discursivas de la *transcripción 2*.

Transcripción 2

TH 145 P: ¡Exactamente! entonces acá yo tengo un proceso que se ha llevado adelante [Reconocimiento fenomenológico], en el que solamente ha permanecido constante el volumen, y han cambiado presión y también la temperatura [Relacional macroscópico], este proceso se llama isométrico o isocórico [Integración conceptual macroscópico]. Si el volumen era constante, porque es un proceso a volumen constante [Relacional macroscópico]; ¿qué onda con el trabajo? ¿cómo era? ¿qué pasaba con el trabajo cuando el volumen era constante? [Integración conceptual microscópico]

TH 146 E 9: Aumentaba la presión [Relacional macroscópico]

TH 147 P: ¡Sí! pero ¿qué pasaba con el trabajo? [Integración conceptual microscópico]

TH 148 E 7: ¡Eh! no si el volumen era constante [Relacional

macroscópico], no hay trabajo o sea no se está realizando [Integración conceptual microscópico]

TH 149 P: Eso quiere decir que, desde este punto, desde el punto uno pasar al punto dos [Relacional macroscópico], no ha implicado un trabajo [Integración conceptual microscópico], hay otra cosa que ha pasado [Reconocimiento fenomenológico], ¿ustedes qué opinan en términos de la ecuación de la primera ley de la termodinámica? [Integración conceptual simbólica] no hubo trabajo [Integración conceptual microscópico] ¿qué hubo para que cambie la presión? [Integración conceptual macroscópico]

TH 150 E 2: Una variación del calor [Integración conceptual microscópico]

TH 151 P: ¡Exacto! si o si hubo que intercambiar calor acá, no queda otra [Integración conceptual microscópico]

La estrategia de *nominalización*, promovida por un estudiante, ha facilitado la elaboración de explicaciones científicas sobre procesos termodinámicos, incorporando nociones de *análisis multivariable* de los parámetros térmicos. Por ejemplo, al afirmar: “*yo tengo un proceso que se ha llevado adelante, en el que solamente ha permanecido constante el volumen, y han cambiado presión y también la temperatura, este proceso se llama isométrico o isocórico*”. Se incrementa la DS, al señalar el fenómeno (*reconocimiento fenomenológico*) y el comportamiento de las magnitudes constantes y variables (*relacional macroscópico*). Este enfoque fortalece aún más la DS al clarificar el tipo de transformación experimentada por el gas en relación con las variaciones de P, V y T.

La interconexión entre los significados se refuerza con *análisis energéticos*, promoviendo un movimiento semántico hacia un nivel de *integración conceptual microscópico*. Mediante la construcción de generalizaciones, se abstraen principios generales que explican los cambios en el gas entre dos estados. La docente reitera el uso de *preguntas de andamiaje* como: “*¿qué onda con el trabajo? ¿cómo era? ¿qué pasaba con el trabajo cuando el volumen era constante?*”, para guiar a los estudiantes en las identificaciones de las condiciones iniciales y finales de las magnitudes, sus relaciones y las causas de los cambios energéticos (TH 145). Un estudiante generaliza: “*si el volumen era constante, no hay trabajo o sea no se está realizando*”, consolidando así la DS (TH 148).

La construcción conjunta de conocimiento en el aula trasciende de la mera interpretación literal del gráfico, permitiendo desarrollar relaciones físicas significativas y estructuradas entre las magnitudes y los principios físicos subyacentes, lo que facilitó la explicación de los cambios energéticos que experimenta un sistema. El TH 149 ilustra

cómo un *análisis reflexivo* conecta diferentes niveles de significado al reformular afirmaciones, destacando distintos aspectos del fenómeno y conectando múltiples variables como trabajo, presión y volumen, generando desplazamientos en la DS.

El uso continuo de *preguntas de andamiaje* con distintos niveles de complejidad cognitiva fomentó el pensamiento crítico, la conexión entre conceptos y la participación activa, lo que permitió cambios en la DS. Por ejemplo, preguntas como: “¿ustedes qué opinan en términos de la ecuación de la primera ley de la termodinámica?”, ayudó a fortalecer la DS, promoviendo conexiones entre el fenómeno observado y conceptos como trabajo, cambios de presión y el principio de conservación de la energía. O en otro caso, preguntas como: “¿qué hubo para que cambie la presión?”, generó un debilitamiento de la DS para facilitar una comprensión más profunda de las causas de los cambios en el sistema. El balance energético concluye cuando un estudiante sugiere en el TH 150 que “una variación del calor” explicaría el cambio de presión, lo que fortalece la DS al considerar el balance energético entre el trabajo realizado, el calor intercambiado y la energía interna. La comparativa entre los desplazamientos de la DS de ambas transcripciones se muestran en la Figura 2.

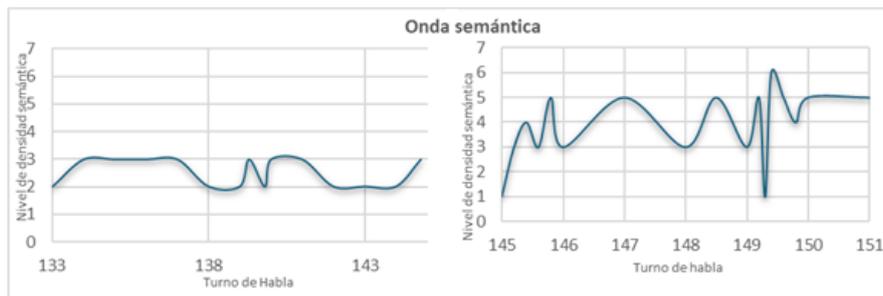


FIGURA 2. Onda semántica generada por el movimiento de la DS en la transcripción 1 (izquierda) y transcripción 2 (derecha). Fuente: Elaboración propia.

El fortalecimiento y debilitamiento de la DS durante la resolución completa de la situación problema 2 se muestra en la Figura 3. En colores se marca cada uno de los momentos en que se dividió la resolución y los recuadros punteados indican las transcripciones citadas en los resultados: transcripción 1 (T1) y transcripción 2 (T2).

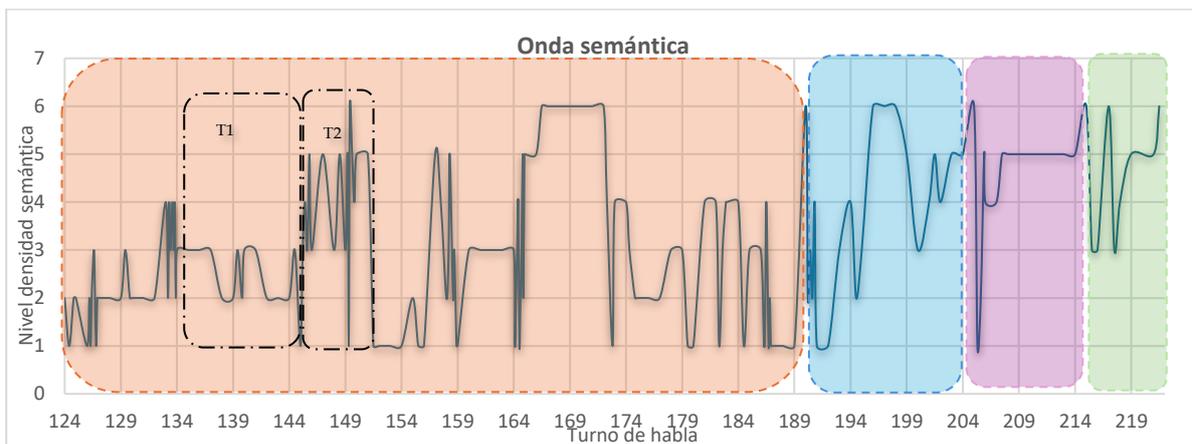


FIGURA 3. Onda semántica generada por el movimiento de la DS en la resolución de situación problema 2. Interpretación física del enunciado Pregunta (a) Pregunta (b) Pregunta (c). Fuente: Elaboración propia.

Aunque el análisis semántico completo de la clase no se ha abordado por limitaciones de espacio, se puede inferir que las orientaciones de la docente y los aportes de los estudiantes contribuyeron significativamente en la construcción de conocimiento acumulativo en el aula, aspecto que se refleja en las variaciones en los niveles de significancia durante el proceso de resolución. La integración de diferentes estrategias como el análisis cualitativo del problema, la lectura comprensiva del enunciado, la nominalización, las preguntas retóricas y de andamiaje, y el análisis reflexivo; al igual que, estrategias de contenido físico, como ideas variacionales basadas en razonamientos proporcionales, análisis multivariable y análisis energético, junto con operaciones cognitivas del pensamiento, como explicaciones científicas

y generalizaciones permitieron dinamizar la DS. Estas estrategias, articuladas, contribuyeron significativamente a estructurar, organizar y legitimar los significados en el aula, generando conocimiento acumulativo, especialmente en contexto de emergencia remota.

V. CONCLUSIONES

Los hallazgos sugieren que el uso de múltiples representaciones de conceptos físicos, aún en contexto virtual, es una herramienta didáctica eficaz en la enseñanza de la física térmica en la secundaria. La integración de problemas con diagramas P-V ha mostrado ser un contexto fructífero para desarrollar ideas variacionales y conexiones profundas sobre las relaciones entre las magnitudes físicas, siempre que se fomente una conversación constante entre la representación diagramática y la descripción e interpretación física del fenómeno desde su interior.

El potencial interpretativo de las grabaciones de clases desarrolladas durante la pandemia permitió analizar el contexto áulico de manera auténtica y natural, mediante la recopilación de datos ricos y multimodales sobre el discurso verbal construido. Esto ofreció una ventana detallada a las prácticas de construcción de conocimiento y a la adaptación del colectivo educativo a condiciones extraordinarias, mostrando que, incluso bajo estas circunstancias, se posibilitó la construcción de conocimiento en clases de resolución de problemas.

La dimensión semántica del constructo TCL mostró ser un enfoque enriquecedor, permitiendo un análisis detallado y minucioso de las interacciones discursivas. Esto reveló la complejidad inherente a la organización y estructuración del conocimiento y su impacto en el discurso pedagógico desarrollado. Lo que indica que un docente reflexivo, con intencionalidad didáctica y comprometido con el aula, puede, mediante un buen uso de las herramientas disponibles, guiar a los estudiantes para identificar, construir y fortalecer conexiones estructurantes entre conceptos, promoviendo un aprendizaje más profundo y significativo. Aspecto clave en y para la formación de profesores.

Explorar prácticas en términos semánticos, como la resolución de problemas cuando integran diagramas PV, demanda el desarrollo de marcos teóricos novedosos para su investigación. Aunque la TCL mostró ser una perspectiva fructífera, la realización de un análisis semántico requiere el diseño y aplicación de dispositivos de traducción altamente eficientes y precisos, que permitan materializar los movimientos de significados con exactitud. Lo que es crucial, ya que incide directamente en la captura y el relevamiento de la información. En este sentido, resulta indispensable que estos dispositivos de traducción sean implementados en investigaciones adicionales, con el fin de evaluar su nivel de robustez y su sensibilidad al contexto.

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

Brookes, D. y Etkina, E. (2015). The Importance of Language in Students' Reasoning About Heat in Thermodynamic Processes. *International Journal of Science Education*, 37(5-6), 759-779. doi: 10.1080/09500693.2015.1025246

Carmo, A. y Carvalho, A. (2009). Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física. *Ciência & Educação*, 15(1), 61-84. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132009000100004>

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>

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]. Universidad de Burgos-UFRGS, Burgos, España.

- 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.
- Ferreiro, E. (2002). *Relaciones de independencia entre oralidad y escritura*. Barcelona: Gedisa Editorial.
- García-García, J. I., Encarnación, E., y Arredondo, E. H. (2020). Exploración de la comprensión gráfica de estudiantes de secundaria. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 11, e925. doi: https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v11i0.925
- Loverude, M., Kautz, C. y Heron, P. (2002). Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas. *American Journal of Physics*, 70(2), 137-148. doi: 10.1119/1.1417532
- Martí, E. (2003). *Representar el mundo externamente. La adquisición infantil de los sistemas externos de representación*. Madrid: Morata.
- 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). London: Routledge.
- Meltzer, D. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. *American Journal of Physics*, 72(11), 1432-1446. doi: 10.1119/1.1789161
- Moreira, M. y 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 Editorial.
- Pozo, J. I. y Postigo, Y. (1999). Hacia una nueva alfabetización: el aprendizaje de información gráfica. En J. I. Pozo y C. Monereo (Coords.), *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Aula XXI, Santillana.
- Santos, B. Silva, A. y 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). London: Routledge.
- Wilson, J., Buffa, A. y Lou, B. (2011). Termodinámica. En J. Wilson, A. Buffa y B. Lou (Eds.), *Física 10* (333-368). México: Pearson.
- Zuluaga, D. y Escudero, C. (2023). Análisis de la dimensión semántica en contextos de digitalización forzada: el caso de la enseñanza de termodinámica introductoria. *Revista de Enseñanza de la Física*, 35(2), 103-116. doi: <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n2.43706>