



ORIGINAL

Ondas de densidad semántica para el análisis de la argumentación clínica multimodal en la formación de profesionales de la salud

Giovanni García-Castro^{a,*} y Francisco Javier Ruiz-Ortega^b

^a Grupo de Investigación en Reanimación, Urgencias y Simulación (GIRUS), Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia

^b Facultad de Artes y Humanidades, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

Recibido el 1 de febrero de 2025; aceptado el 6 de marzo de 2025

Disponible en Internet el 12 de abril de 2025



PALABRAS CLAVE

Argumentación clínica;
Densidad semántica;
Multimodalidad;
Educación médica;
Teoría de los Códigos
de Legitimación (TCL)

Resumen

Introducción: la argumentación clínica es una competencia central en la educación médica, favoreciendo el razonamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones en escenarios complejos. No obstante, las estrategias educativas suelen priorizar enfoques prácticos e instrumentales, dejando de lado la integración de competencias cognitivas de alto nivel. Este estudio analiza cómo la densidad semántica, desde la Teoría de los códigos de legitimación y el uso de recursos multimodales, contribuyen al desarrollo de competencias argumentativas en las ciencias de la salud.

Métodos: a través de un enfoque cualitativo-comprensivo, se empleó un estudio de caso con 5 docentes del área de Medicina del Adulto en la Universidad Tecnológica de Pereira. Se utilizaron grabaciones de clases, análisis semántico, cuestionarios y rúbricas para evaluar estrategias docentes y argumentativas. Además, se aplicó un Dispositivo de Traducción Específica (DTE) para analizar la densidad semántica y se procesaron los datos mediante el software NVivo.

Resultados: los análisis revelaron que la densidad semántica aumenta con el uso intencionado de recursos multimodales, como gestos, gráficos y lenguaje visual, facilitando la integración de conceptos complejos. Las ondas semánticas mostraron una progresión en la complejidad conceptual y en la estabilidad argumentativa, indicando un resultado positivo del proceso formativo en las habilidades de los docentes y estudiantes para construir discursos densos y coherentes.

Conclusión: la Teoría de los códigos de legitimación combinada con un enfoque multimodal, constituye un marco efectivo para evaluar y promover la argumentación clínica en la educación médica. Este enfoque fortalece las competencias cognitivas, críticas y argumentativas de los estudiantes, preparándolos para enfrentar los retos éticos, sociales y clínicos de su práctica profesional.

© 2025 Los Autores. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: giovalinore@utp.edu.co (G. García-Castro).

KEYWORDS

Clinical argumentation; Semantic density; Multimodality; Medical education; Legitimation Codes Theory

Semantic density waves for the analysis of multimodal clinical argumentation in the training of health professionals**Abstract**

Introduction: Clinical argumentation is a fundamental competence in medical education, fostering critical reasoning, problem-solving, and decision-making in complex scenarios. However, educational strategies often prioritize practical and instrumental approaches, neglecting the integration of advanced cognitive competencies. This study examines how semantic density, as conceptualized in the Legitimation Code Theory, and the use of multimodal resources contribute to developing argumentative skills in health sciences.

Methods: Using a qualitative-comprehensive approach, a case study was conducted with five faculty members from the Adult Medicine department at the Technological University of Pereira. Data collection included class recordings, semantic analyses, questionnaires, and rubrics to evaluate teaching and argumentative strategies. A Specific Translation Device was employed to analyze semantic density, and data were processed using NVivo software.

Results: The analysis revealed that semantic density is enhanced through the intentional use of multimodal resources such as gestures, graphics, and visual language, enabling the integration of complex concepts. The analysis of semantic waves demonstrated a progression in conceptual complexity and argumentative stability, highlighting the positive results of the training process on teachers' and students' ability to construct dense and coherent discourses.

Conclusion: The combination of Legitimation Code Theory with a multimodal approach provides an effective framework for evaluating and fostering clinical argumentation in medical education. This methodology strengthens students' cognitive, critical, and argumentative skills, equipping them to address the ethical, social, and clinical challenges of professional practice.

© 2025 The Authors. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La argumentación clínica constituye una competencia fundamental en la formación de profesionales de la salud, al ser el eje sobre el cual se desarrollan habilidades cognitivas de razonamiento, resolución de problemas y toma de decisiones en contextos clínicos complejos^{1,2}. A pesar de su relevancia, la investigación educativa en salud ha privilegiado enfoques instrumentalistas centrados en el diseño y aplicación de estrategias prácticas, como simulaciones clínicas y herramientas tecnológicas, dejando en un segundo plano los procesos didácticos que promueven una formación más integral, crítica y fundamentada en competencias cognitivas de alto nivel^{3,4}.

En este contexto, la argumentación clínica ha sido objeto de análisis desde perspectivas comprensivas, considerando su influencia en el desarrollo de comunidades de aprendizaje y en la consolidación de saberes especializados. Sin embargo, persiste una brecha significativa en la integración de enfoques didácticos que aborden la argumentación clínica como una práctica epistémica, es decir, como un medio para construir, comunicar y evaluar conocimientos científicos y la ciencia escolar^{5,6}.

La Teoría de los códigos de legitimación (TCL) de Maton⁷ ofrece un marco conceptual valioso para comprender y analizar las prácticas educativas en este ámbito. Dentro de esta teoría, la dimensión semántica (integrada por la densidad y gravedad semántica) permite evaluar cómo se construyen y se transmiten los discursos académicos en

relación con su complejidad y dependencia del contexto. En el caso de la argumentación clínica, la densidad semántica (DS) se presenta como un indicador clave para analizar la profundidad conceptual y las conexiones intelectuales que subyacen a los argumentos utilizados por estudiantes y docentes en la resolución de problemas clínicos^{8,9}.

Esta investigación se sitúa en la intersección entre la argumentación clínica multimodal y la TCL, abordando la manera en que la DS puede servir como una herramienta para evaluar el avance de la comprensión de conceptos científicos en el contexto de la educación médica¹⁰.

Por otra parte, la multimodalidad, entendida como el uso de múltiples formas de representación y comunicación (incluyendo lenguajes visuales, auditivos y gestuales), amplía las posibilidades de la argumentación clínica al integrar elementos que facilitan la comprensión y la construcción de significados complejos^{11,12}. Este enfoque multimodal, combinado con los principios de la TCL, permite una aproximación más holística al análisis de los discursos académicos en el aula de ciencias de la salud, proporcionando herramientas metodológicas para identificar y promover prácticas educativas que fomenten la reflexión crítica y la resolución de problemas en contextos clínicos reales^{7,13}.

En síntesis, esta investigación propone explorar el papel de la DS en la evaluación del avance conceptual en la argumentación clínica, integrando enfoques teóricos y metodológicos que permitan un análisis riguroso y sistemático de las prácticas educativas en ciencias de la salud.

Materiales y métodos

La investigación es cualitativa-comprehensiva, empleando el estudio de caso como metodología principal para la obtención y análisis de la información. Este enfoque permite explorar en profundidad las relaciones entre el uso intencionado de recursos multimodales por parte de los docentes de Medicina y los aspectos semánticos de la argumentación clínica, abordados desde la TLC de Maton¹⁴. La investigación adopta un enfoque heurístico, enfatizando la comprensión integral del fenómeno educativo en escenarios de aula, con énfasis en las dinámicas interactivas entre docentes y estudiantes^{15,16}.

La unidad de trabajo estuvo conformada por 5 docentes del área de Medicina del Adulto de la Universidad Tecnológica de Pereira, seleccionados por su experiencia en la enseñanza de esta disciplina. La unidad de análisis correspondió a los espacios de interacción en el aula, donde se generaron procesos de argumentación clínica. Estas interacciones fueron estudiadas desde 2 perspectivas: la implementación intencionada de estrategias de enseñanza que promueven la argumentación clínica y el desarrollo de la argumentación clínica de los estudiantes de Medicina.

El proceso de recolección de datos se organizó en 2 momentos: a) primero, se realizó un proceso formativo con los docentes participantes¹⁷. Este proceso promovió la reflexión crítica y el análisis de las prácticas de aula, permitiendo a los docentes identificar áreas de mejora en la promoción de la argumentación clínica. Las sesiones de formación incluyeron cuestionarios y rúbricas previamente validadas para evaluar el avance en el desarrollo de la argumentación. Además, se realizaron grabaciones en video de las clases, documentando las interacciones entre docentes y estudiantes y analizando los recursos multimodales utilizados en los escenarios de argumentación clínica. Los datos recopilados sirvieron como base para continuar con el proceso formativo y ajustar las estrategias implementadas. b) se documentaron sesiones adicionales de aula mediante registros en video y análisis de la producción textual de los estudiantes. Las actividades incluyeron debates, discusiones y sustentaciones teóricas basadas en casos clínicos propuestos^{18,19}. Además, se aplicó un análisis semántico de las discusiones, utilizando la dimensión semántica de la TCL para evaluar la DS de los argumentos. Este análisis permitió

identificar ondas semánticas y construir perfiles que reflejan la evolución del discurso argumentativo en función de los procesos de formación docente.

El análisis de los datos recopilados se llevó a cabo utilizando el software NVivo, permitiendo una sistematización y codificación rigurosa de las interacciones discursivas observadas.

Para el análisis semántico se construyó un dispositivo de traducción específico (DTE), donde se discriminan los niveles de DS. Aquí, a mayor densidad, los recursos multimodales posibilitan, además de la consolidación de las ideas, el incremento en el uso de lenguaje científico complejo. Por su parte, habrá menor densidad cuando hay un uso de lenguaje del sentido común, sin relación directa con los recursos multimodales. Con esta rúbrica se ubican las intervenciones de los estudiantes durante los ejercicios de aula con fines argumentativos ([tabla 1](#)).

Resultados

El análisis de la DS, como componente clave de la TCL, permitió explorar la complejidad de los conceptos en el discurso argumentativo de los escenarios educativos de ciencias de la salud. Este análisis se llevó a cabo mediante la implementación del Dispositivo de Traducción Específica (DTE) validado para esta investigación.

Para el momento 1 se observa que, en general, los escenarios de debate y diálogo en torno a los casos planteados se ubican en los niveles 2 (disgregado) y 3 (compacto). En el caso del docente 2, que aborda el tema de diabetes mellitus (DM), las intervenciones del momento 1 están centradas en relacionar algunos factores propios del paciente y de su historia de salud con la enfermedad que se busca argumentar; para ello, se utiliza el concepto de «factores determinantes en salud», ya sean protectores o de riesgo y ligarlos a la posibilidad de cursar con la enfermedad, con ello se busca dar soporte y validez a la propuesta de trabajo (la transcripción, incluida la aparición de elementos multimodales, se muestra en la [tabla 2](#)).

Para este caso se considera que dicho concepto tiene una complejidad que corresponde a la categoría 3 o «compacto», que se refiere a un uso de lenguaje científico con inclusión de algunos recursos multimodales que apoyan

Tabla 1 Dispositivo de traducción específica para densidad semántica

DS	Nivel 1	Definición	Nivel 2	Descripción
+ Técnico/ científico	Uso de recursos multimodales que apoyan una argumentación basada en conceptos complejos	4. Conglomerado 3. Compacto	4. Conglomerado 3. Compacto	Uso de lenguaje científico complejo, donde los recursos multimodales consolidan las ideas Uso de lenguaje científico con inclusión de algunos recursos multimodales que apoyan de manera parcial la argumentación
- Cotidiano	Recursos multimodales poco relacionados con una argumentación basada en términos del sentido común	2. Disgregado 1. Disperso	2. Disgregado 1. Disperso	Argumentación con uso de lenguaje del sentido común apoyado por algunos recursos multimodales Uso de lenguaje del sentido común, sin relación directa con los recursos multimodales

Adaptado de Maton et al., 2017¹⁴.

DS: densidad semántica.

Tabla 2 Transcripción de un escenario de argumentación clínica, momento 1

Turno al habla	Nivel DS
E 3: Pues teniendo en cuenta de que en la familia del paciente existen antecedentes de DM, es probable que eso le genere una susceptibilidad que, apoyada con factores como la alimentación y el estilo de vida, puedan generar la enfermedad	3
D: Bueno pues vamos bien, y ¿cómo cuales factores relacionados con la alimentación?	
D: Gesto pragmático	
E 2: Profes, pues la dieta rica en grasas o en azúcar ¿no?	2
D: Si, pero, por ejemplo, la mayoría de la gente come dulces y no es diabética, es decir, debe haber algo más	
D: Gesto pragmático	
E 3: Es que no todo el mundo la desarrolla, se deben tener algunos factores como, por ejemplo: genético, ambiental, biológicos, metabólicos; por eso no todo el mundo tiene DM	2
D: Hablemos de los factores biológicos, miren acá	
D: Gesto deíctico hacia un dibujo en el tablero	
E 4: Ah si, ¿los canales de glucosa?	3
D: Eso, los canales de transporte, que tienen que ver con la resistencia a la insulina, digan como es el mecanismo	
E 4: Si, los canales permiten el ingreso de la glucosa a la célula con un mecanismo de transporte, como un intercambiador	4
E 4: Gesto icónico	3

DM: diabetes mellitus; DS: densidad semántica.

de manera parcial la argumentación. En este caso, se usan recursos gestuales tipo icónico, sobre todo al tratar de explicar la función de los canales transportadores de glucosa y la relación de este mecanismo con la resistencia a la insulina y, por tanto, explicar el mecanismo fisiopatológico.

En cuanto a la complejidad del concepto sobre «factores» se debe tener en cuenta que se está usando en el contexto de las relaciones epidemiológicas que dan un soporte probabilístico a la conclusión, en este caso se deben comprender otros conceptos relacionados al principal como la susceptibilidad individual y la posibilidad de modificación o intervención. Lo anterior se ubica en el plano de DS a manera de trazado (fig. 1).

Para el momento 2, el docente 2 aborda de nuevo el caso de un paciente con DM, generando una discusión sobre la mejor estrategia de manejo para un caso particular. En este ejercicio se abordan conceptos avanzados en el marco de la fisiopatología de la enfermedad y, sobre todo, sobre el enfoque terapéutico, incorporando algunos elementos relacionados con los factores sociales y culturales del paciente con dicha enfermedad, así como otros que hacen alusión a las diferencias entre el tratamiento con uno u otro tipo de insulinas. En la tabla 3 se expone un fragmento del análisis hecho sobre la transcripción.

Si bien, la mayoría de discusiones sobre casos clínicos tienen un orden lógico que inicia con el análisis del cuadro clínico o presentación del caso, seguidos de un análisis de

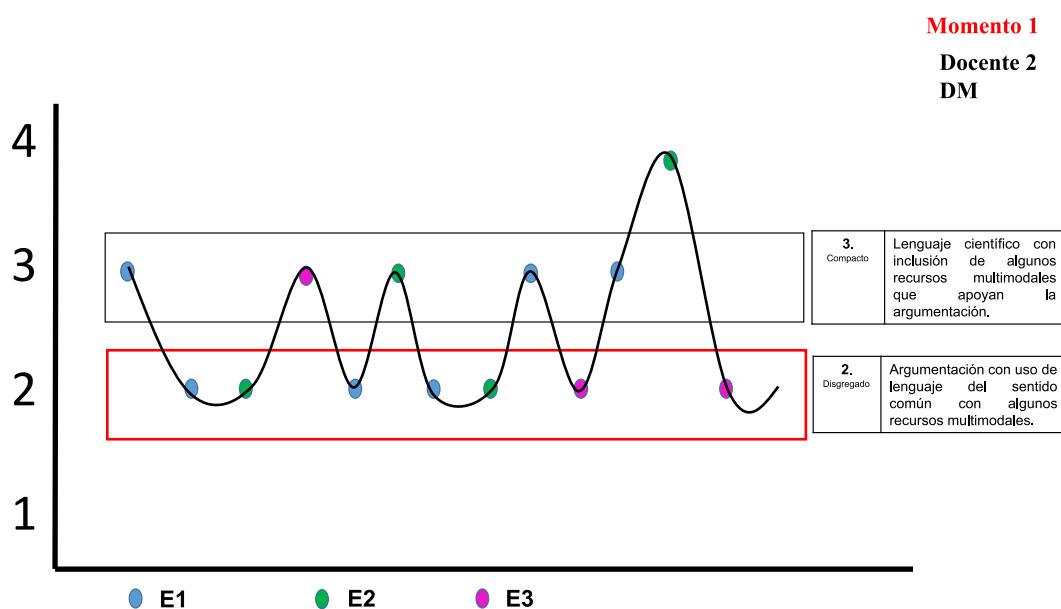
**Figura 1** Ondas de densidad semántica fusionadas, momento 1.

Tabla 3 Transcripción de un escenario de argumentación clínica, momento 2

Turno al habla	DS
D: Este paciente es un típico caso de abandono del tratamiento, fíjense es un paciente de 27 años que ya tiene el diagnóstico de diabetes hace mucho rato y que ahora llega con un cuadro típico de hiperglucemia	
E 2: Doctor, es muy claro en cuadro de diabetes y sus signos agudos de hiperglucemia, por ejemplo, la polidipsia, poliuria marcada, además de que él y la familia ya saben cómo es esa enfermedad	3
D: Pues al menos deberían saber, si es que ya alguien se ha tomado el trabajo de informar bien al paciente sobre su DM	
D: Gesto deíctico (señala el tablero y los datos sobre la glucemia)	
D: El manejo con insulina acá es clave	
E 1: Acá las insulinas de larga acción deberían ser una opción profe, por el tema de la baja adherencia del paciente	4
D: Si, pero el enfoque va más allá, por ejemplo, que dicen ustedes	
D: Gesto pragmático de interrogación	
E 2: Profe, la alimentación, los hábitos de vida, el soporte familiar, el acceso al sistema de salud, eso en un diabético tipo 1 es fundamental, porque nada nos ganamos con mandarle la insulina, así sea la más cara o la más avanzada, si el paciente y la familia no colaboran, o no entienden la gravedad de la enfermedad	4
D: Bueno, fíjense que ese tema es fundamental	
E 1: Total profe, pero la insulina como la glargina es una opción para este paciente, obvio que se debe hacer un seguimiento de la glucemia muy estricto, pero es más fácil y efectivo el manejo con glargina, que con la regular	4
E 1: Gesto icónico	4

DM: diabetes mellitus; DS: densidad semántica.

datos y pruebas que dirigen el intercambio de ideas hacia un diagnóstico, con la posterior propuesta de manejo, acá el diálogo se centró en analizar los factores relacionados con la poca adherencia al manejo y la mejor manera de abordarlo, usando un medicamento que tiene más ventajas, en vista de la situación puntual del paciente y su entorno.

En este ejercicio, el uso de conceptos complejos se ve reflejado en aspectos como la «adherencia al manejo» y la misma hipótesis diagnóstica «diabetes tipo 1», lo cual denota un manejo avanzado de los conceptos que fundamentan ambos elementos; sin embargo, el uso de la «insulina glargina» en el caso del paciente que se está discutiendo, evidencia un dominio mayor de los conceptos, que incluso se refuerza con gestos de tipo icónico y

metafórico, a la hora hablar de efectividad o de mayor beneficio para el manejo del caso.

El concepto de mayor complejidad sería el que se refiere a la opción terapéutica, en este caso la insulina de larga acción, ya que da a entender un dominio importante y una comprensión elevada del fenómeno que se quiere intervenir. Acá, la DS es alta o «conglomerada», demostrando un uso científico del lenguaje y apoyos sustanciales a la propuesta argumentativa, lo cual se traza en el plano de DS según se observa en la figura 2.

Durante el estudio se identificó también una transformación progresiva en el empleo de recursos multimodales por parte de los participantes. En los estadios iniciales, los recursos gestuales y gráficos se utilizaban de

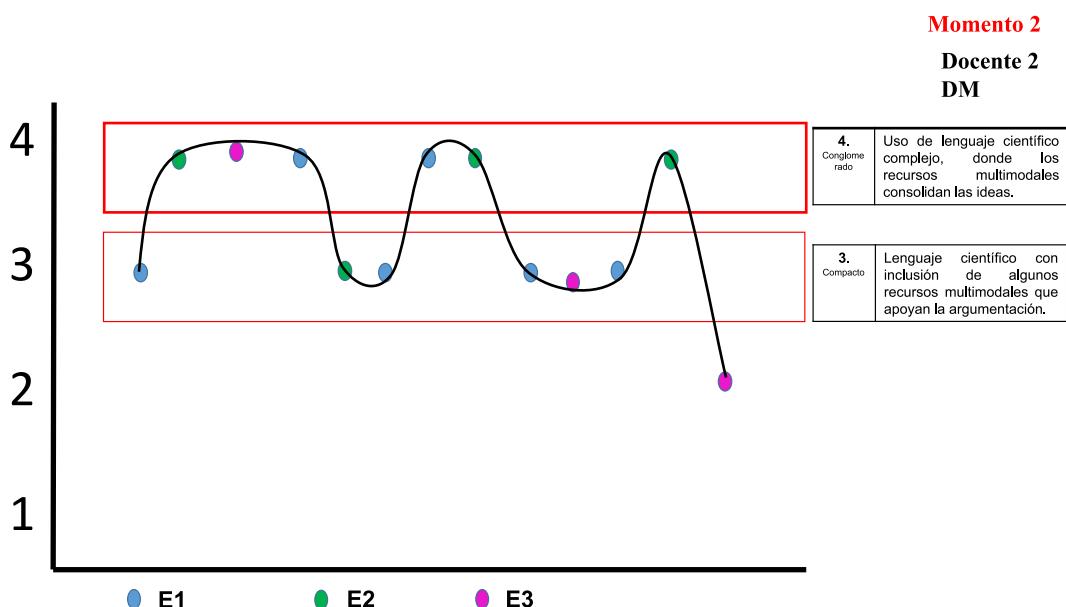


Figura 2 Ondas de densidad semántica docente 2, momento 2.

manera elemental e intuitiva. Sin embargo, hacia las etapas finales, el uso se tornó más elaborado e intencionado. Los gestos metafóricos e icónicos adquirieron un papel destacado, siendo empleados estratégicamente para reforzar las afirmaciones y conclusiones en los debates²⁰.

El análisis de las «ondas semánticas», las fluctuaciones en la DS a lo largo de las interacciones argumentativas, evidenció patrones significativos. En las primeras etapas, se observó una gran amplitud en las ondas, lo que refleja una oscilación constante entre códigos dispersos y conglomerados. Este comportamiento denota una interacción dialógica activa, donde se construyen significados y se legitiman prácticas colectivas.

A medida que avanzaba el proceso formativo, las ondas semánticas mostraron una disminución en su amplitud, concentrándose en rangos semánticos más estrechos y complejos. Este cambio indica mayor refinamiento conceptual y mejor integración de recursos multimodales. En los momentos finales, los participantes mostraron una mayor estabilidad en el uso de conceptos densos, lo que sugiere un dominio más sólido de los temas abordados.

Conclusiones

El análisis de las ondas semánticas sugiere que la interacción dialógica en el aula contribuye a la evolución de la competencia argumentativa. La fluctuación inicial en los rangos semánticos, seguida de una estabilización hacia niveles más complejos, evidencia el progreso de los procesos formativos hacia el desarrollo de la argumentación en los estudiantes.

La TCL, desarrollada por Maton, es una herramienta conceptual valiosa para analizar y comprender los procesos de enseñanza y aprendizaje en diversos contextos educativos, incluidos los relacionados con las ciencias de la salud²¹. Desde su base en la lingüística sistémico-funcional, la TCL permite estudiar cómo se legitiman los conocimientos en contextos específicos a través de códigos, definidos como sistemas de representación y comunicación que estructuran los significados²². En este sentido, los códigos son dinámicos y están influenciados por las relaciones de poder, las prácticas sociales y los valores que cada comunidad otorga a ciertos conocimientos sobre otros²³.

La TCL resalta la importancia de integrar diversos códigos en las prácticas pedagógicas para responder a las necesidades específicas de los estudiantes y del contexto educativo. Esta integración no solo permite articular conocimientos técnicos y científicos con saberes prácticos y cotidianos, sino también diseñar actividades que estimulen a los estudiantes a utilizar distintos niveles de complejidad conceptual, favoreciendo un aprendizaje significativo y adaptado a sus realidades²⁴.

Por su parte, la argumentación clínica, entendida como una competencia cognitivo-lingüística de alto nivel, es fundamental para la formación de médicos que puedan enfrentar los desafíos del entorno profesional de manera reflexiva y crítica. Una de las principales contribuciones de la argumentación clínica es su capacidad para fomentar el pensamiento crítico, una competencia esencial para la toma de decisiones en escenarios complejos. En el ámbito de la medicina, esto implica no solo interpretar datos

clínicos, sino también cuestionar diagnósticos y tratamientos, evaluar la validez de la evidencia y considerar los valores y expectativas de los pacientes²⁵. En este estudio, se observó que las interacciones argumentativas promovidas por los docentes contribuyeron a un progreso significativo en la capacidad de los estudiantes para abordar problemas clínicos desde múltiples perspectivas.

Además, la argumentación clínica facilita la construcción de conocimiento científico escolar, ya que los estudiantes participan activamente en su coconstrucción. A través de los ejercicios argumentativos, los estudiantes articulan conceptos complejos, consolidan su comprensión y desarrollan una visión crítica de los fenómenos médicos²⁶. Esto se refuerza mediante el uso de recursos multimodales que apoyan y amplían las posibilidades de representación y comunicación de conceptos densos.

Otro aporte significativo es el desarrollo de habilidades de comunicación efectiva, esenciales para el trabajo en equipo y la interacción con pacientes y colegas. La argumentación clínica no solo mejora la capacidad de los estudiantes para expresar sus ideas de manera clara y coherente, sino que también fomenta la empatía y el respeto por las perspectivas de los demás²⁷. En este estudio, se observó cómo la integración de recursos multimodales, como gestos, gráficos y modelos, facilitó la transmisión de ideas complejas y promovió un diálogo más inclusivo y enriquecedor.

Por último, la argumentación clínica promueve la resolución de problemas reales, una competencia central en la formación médica. Al participar en ejercicios argumentativos basados en casos clínicos, los estudiantes aprenden a identificar problemas, analizar opciones y proponer soluciones fundamentadas en evidencia científica. Estas habilidades son críticas para enfrentar los dilemas éticos, diagnósticos y terapéuticos que caracterizan la práctica médica^{28,29}.

Los hallazgos de este estudio subrayan la necesidad de continuar investigando cómo la TCL puede aplicarse para evaluar y mejorar las prácticas de aula en la educación médica. Además, sugiere profundizar en el análisis de los recursos multimodales como elementos estructurales de la argumentación clínica, explorando su impacto en la consolidación de conceptos densos y en la evolución de las ondas semánticas³⁰.

Entre las limitaciones de este estudio, que a futuro pueden asumirse como retos, se encuentra la posibilidad de ampliar este tipo de investigaciones a otros escenarios de formación de profesionales de la salud, como enfermería y otras disciplinas afines. Asimismo, sería relevante incluir la participación de un mayor número de docentes responsables de la formación de estos profesionales, lo que permitiría enriquecer los hallazgos y fortalecer su aplicabilidad en distintos contextos educativos.

Consideraciones éticas

La investigación está registrada en la Vicerrectoría de Investigación, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira, no requirió aval de bioética en vista de que llevaron a cabo análisis de documentos como transcripciones de aula.

Consentimiento informado

El estudio cumplió con los principios éticos establecidos para la investigación educativa. Todos los participantes fueron informados sobre los objetivos y procedimientos del estudio, y firmaron un consentimiento informado.

Financiación

Esta investigación fue financiada parcialmente por la Vicerrectoría de Investigación, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira, los demás recursos fueron aportados por los investigadores.

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan no tener conflictos de intereses de ningún tipo.

Bibliografía

1. Warburton KM, Goren E, Dine J. Comprehensive assessment of struggling learners referred to a graduate medical education remediation program. *J Grad Med Educ.* 2017;7:763–7. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-17-00175.1>.
2. McBee E, Ratcliffe T, Picho K, Artino AR, Yépés-Ríos AM, Másel J, et al. Contextual factors and clinical reasoning: differences in diagnostic and therapeutic reasoning in board certified versus resident. *BMC Med Educ.* 2017;17:1–8. <https://doi.org/10.1186/s12909-017-1041-x>.
3. Vogelsang M, Rockenbauch K, Wrigge H, Heinke W, Hempel G. Medical education for "Generation Z": everything online?! An analysis of internet-based media use by teachers in medicine. *GMS J Med Educ.* 2018;35(2):1–20.
4. Zona-López JR, Giraldo-Márquez JD. Resolución de problemas: escenario del pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias. *Rev Latinoam Estud Educ (Colombia).* 2017;13(2):122–50.
5. Adúriz-Bravo A. Revisiting school scientific argumentation from the perspective of the history and philosophy of science. In: Matthews MR, editor. *International handbook of research in history, philosophy and science teaching.* New York-London: Springer; 2014. p. 2487.
6. Ruiz FJ, Tamayo O, Márquez C. Cambio en las concepciones de los docentes sobre la argumentación y su desarrollo en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias.* 2014;32(3):53–70.
7. Maton K. A TALL order? Legitimation code theory for academic language and learning. *J Acad Lang Learn.* 2014;8(3).
8. Macnaught L, Maton K, Martin J, Matruglio E. Jointly constructing semantic waves: implications for teacher training. *Linguist Educ.* 2013;24(1):50–63. <https://doi.org/10.1016/j.linged.2012.11.008>.
9. Maton K. Legitimation code theory: building knowledge about knowledge-building. In: Maton K, Hood S, Shay S, editors. *Knowledge-building: educational studies in legitimization code theory.* London: Routledge; 2016. p. 1–24.
10. García G, Ruiz FJ. Clinical reasoning and medical education: scoping review. *Med Educ.* 2020;22:106–10. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2020.11.015>.
11. Kress G, Van Leeuwen T. *Reading images: the grammar of visual design.* London-New York: Routledge; 2006.
12. Monsalve UM, Chaverra FD, Bolívar B. Caracterización y evaluación de la habilidad de razonabilidad en la producción escrita de textos multimodales. *Forma y Función.* 2015;28(2):111–33. <https://doi.org/10.15446/fy.v28n2.53543>.
13. Dos Santos BF, Mortimer EF. Semantic waves and the epistemic dimension in the classroom discourse of chemistry. *Investig Enseñanza Ciencias.* 2019;24(1):62–80.
14. Maton K, Doran YJ. Semantic density: a translation device for revealing complexity of knowledge practices in discourse. *Onomazein.* 2017;46–76. <https://doi.org/10.7764/onomazein.sfl.03>.
15. Goetz J, LeCompte M. *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa.* Madrid: Morata; 1988. 137 p.
16. Osse S, Sánchez TI, Ibáñez MF. Investigación cualitativa en educación. Hacia la generación de teoría a través del proceso analítico. *Estud Pedagógicos.* 2006;119–33. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052006000100007>.
17. Korthagen F, Kessels J, Koster B, Lagerwerf B, Wubbels T. *Linking practice and theory. The pedagogy of realistic teacher education.* 1st ed. London: Lawrence Erlbaum Associates; 2001;328 p.
18. Osborne J, Erduran S. *TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse.* Wiley InterScience; 2004.
19. Kress G. *Multimodality: a social semiotic approach to contemporary communication.* New York: Routledge; 2010.
20. McNeill D. *Hand and mind: what gesture reveals about thought.* Chicago: Chicago University Press; 1992.
21. Maton K, Doran YJ. Constellating science: how relations among ideas help build knowledge. In: Maton K, Martin JR, Doran YJ, editors. *Teaching science: knowledge, language, pedagogy.* London: Routledge; 2021. p. 49–75.
22. Maton K, Chen H. Making semogenesis educational: exploring learning and pedagogy across diverse contexts. *Linguist Educ.* 2016;34:24–35.
23. Maton K, Moore R. Social realism. Knowledge and the sociology of education: coalitions of the mind. *Continuum Int Publ Group;* 2010. 206 p.
24. Christie F, Maton K. Why disciplinarity? In: Christie F, Maton K, editors. *Disciplinarity: functional linguistic and sociological perspectives.* London/New York: Continuum Int Publ Group; 2011. p. 1–12.
25. Ho YR, Chen BY, Li C-M. Thinking more wisely: using the Socratic method to develop critical thinking skills amongst healthcare students. *BMC Med Educ.* 2023;23(173):1–16. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04134-2>.
26. Morales M, Díaz-Barriga F. Pensamiento crítico a través de un caso de enseñanza: una investigación de diseño educativo. *Sinéctica.* 2021;56:1–18. [https://doi.org/10.31391/S2007-7033\(2021\)0056-016](https://doi.org/10.31391/S2007-7033(2021)0056-016).
27. González JS, Recino PU. Strategic learning in solving problematic teaching situations in students of medicine: dimensions and indicators. *Med Educ.* 2015;16(4):212–7. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2015.09.013>.
28. Seraj Abed S, Al-Mansou M, Nisar Ahmed S, Anwar Khan M, Nolasco Martin P, Waqas Shah S, et al. Evaluation of problem-based learning in college of medicine: an indicator of quality education in a hybrid curriculum. *Educ Res Int.* 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/9955409>.
29. Becerra B, Núñez P, Vergara C, Santibáñez D, Krüger D, Cofré H. Developing an instrument to assess pedagogical content knowledge for evolution. *Res Sci Educ.* 2022;53:213–29.
30. Mateo-Girona MT, Michelsen Wahleithner J. Multimodal argumentation in teacher education courses to connect theory with practice. *Rev Educ Distancia.* 2023;75(23):2–20. <https://doi.org/10.6018/red.545231>.