

EMERGENCIA DE CONFLICTOS SEMIÓTICOS ASOCIADOS A LA DIFERENCIAL EN UNA TAREA DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA CON ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Emergence of semiotic conflicts associated with the differential in a mathematical modelling task with engineering students

Giacomone, B.^a y Verón, M. A.^b

^aUniversità della Repubblica di San Marino, ^bUniversidad de Barcelona

Resumen

En este trabajo se analizan los conflictos semióticos que emergen durante la resolución de una tarea de modelización sobre el cálculo de la masa de una lámina circular con densidad variable, con el fin de comprender su papel en la construcción de significados asociados a la diferencial. El estudio se realizó con 70 estudiantes de primer año de ingeniería durante una clase de Análisis I. El análisis se fundamenta en el Enfoque Ontosemiótico, particularmente en la noción de conflicto semiótico como desajuste entre significados movilizados en la actividad matemática. Los resultados identifican conflictos vinculados con la interpretación de la densidad como magnitud variable, la representación del radio como variable, la superposición de áreas y la redefinición de la unidad de acumulación. La discusión colectiva favoreció la conceptualización de cantidades infinitesimales y la introducción de la diferencial como herramienta para modelizar variaciones continuas.

Palabras clave: diferencial, conflictos semióticos, modelización matemática, cálculo en ingeniería, Enfoque Ontosemiótico

Abstract

This study analyses the semiotic conflicts that emerge during the resolution of a mathematical modelling task involving the calculation of the mass of a circular lamina with variable density, with the aim of understanding their role in the construction of meanings associated with the differential. The study was conducted with 70 first-year engineering students during an Analysis I class. The analysis is grounded in the Onto-Semiotic Approach, particularly in the notion of semiotic conflict as a mismatch between meanings mobilised in mathematical activity. The results identify conflicts related to the interpretation of density as a variable magnitude, the representation of the radius as a mathematical variable, the superposition of areas, and the redefinition of the unit of accumulation. Collective discussion supported the conceptualisation of infinitesimal quantities and the introduction of the differential as a tool for modelling continuous variation.

Keywords: differential, semiotic conflicts, mathematical modelling, calculus education, Onto-semiotic Approach

INTRODUCCIÓN

La diferencial constituye uno de los objetos matemáticos que presenta dificultades particulares en la enseñanza y aprendizaje del cálculo, debido a la pluralidad de significados que adopta según el contexto de uso (Badillo et al., 2005; Ely, 2021). En la práctica educativa, la diferencial, clave en la modelización de fenómenos de variación continua, suele interpretarse de manera informal como una “cantidad muy pequeña” (Hu y Rebello, 2013; Nilsen y Knutsen, 2023; Tall, 1980; Von Korff y Rebello, 2014), lo que contribuye a su carácter epistemológicamente complejo.

Estas dificultades no son únicamente de naturaleza técnica o procedimental, sino también semiótica, ya que pueden surgir de tensiones entre los significados institucionales y personales atribuidos a los objetos matemáticos movilizados en la resolución de problemas.

Desde el EOS, estas dificultades se analizan como conflictos semióticos, definidos como discrepancias entre significados atribuibles a una misma expresión en distintas prácticas matemáticas (Godino, 2024). Aunque diversos estudios han documentado dificultades asociadas a la comprensión de la diferencial y la emergencia de conflictos semióticos en torno a este objeto matemático (Badillo et al., 2005; Verón et al., 2026), resulta de interés analizar cómo emergen estos conflictos en la resolución de tareas de modelización en contextos universitarios. Este estudio se propone analizar no solo la identificación y análisis de los conflictos emergentes en la resolución de un problema de masa de una lámina circular, sino también su papel en la construcción progresiva de significados asociados a la diferencial.

MARCO TEÓRICO Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Enfoque Ontosemiótico y actividad matemática

En el marco del EOS la noción de significado y su relación con las nociones de práctica y objeto desempeñan un papel central. Una práctica se entiende como “cualquier acción o manifestación (lingüística o de otro tipo) realizada por alguien para resolver problemas matemáticos, para comunicar la solución a otras personas, con el fin de validar y generalizar esa solución a otros contextos y problemas” (Godino y Batanero, 1994, p. 334). Desde esta perspectiva, el significado de un objeto matemático se concibe como el sistema de prácticas operativas y discursivas desarrolladas por una persona o institución en la resolución de situaciones-problema, por lo que puede considerarse desde una dimensión personal e institucional (Godino y Batanero, 1994). Asimismo, los objetos matemáticos primarios —situaciones-problema, lenguajes, conceptos-definiciones, proposiciones, procedimientos y argumentos— emergen de los sistemas de prácticas y de las configuraciones ontosemióticas movilizadas en la actividad matemática (Font et al., 2013; Godino, 2024). Dichas configuraciones pueden ser epistémicas o cognitivas, según se refieran a significados institucionales o personales.

En este estudio, este marco permite interpretar la actividad matemática desarrollada por los estudiantes y, particularmente, analizar los conflictos semióticos que emergen en las prácticas vinculadas con la construcción de significados asociados a la diferencial.

Conflictos semióticos

La noción de conflicto semiótico hace referencia a “una disparidad o desajuste entre los significados atribuidos a una misma expresión por dos sujetos—personas o instituciones—en interacción comunicativa y pueden explicar las dificultades y limitaciones de los aprendizajes y las enseñanzas implementadas” (Godino, 2002, p. 258). Estos conflictos permiten explicar dificultades y limitaciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje matemático.

Un conflicto semiótico es de tipo epistémico si la disparidad se produce entre los significados institucionales, pero si la disparidad se produce entre las prácticas que forman el significado personal de un mismo objeto, es un conflicto semiótico de tipo cognitivo (Godino, 2024).

En el caso de la diferencial, la coexistencia de múltiples significados institucionales y personales puede generar tensiones interpretativas que se manifiestan en el uso de símbolos, procedimientos y argumentos matemáticos. Desde esta perspectiva, el análisis de conflictos semióticos constituye una herramienta pertinente para comprender las dificultades que emergen en la resolución de tareas de cálculo.

El concepto de diferencial

La diferencial posee múltiples significados en la enseñanza y la historia del cálculo (Hu y Rebello, 2013; Pulido, 2010, Verón y Giacomone, 2021; Verón et al., 2024). Esta pluralidad de significados

genera dificultades en su comprensión, ya que suele presentarse y utilizarse de formas diversas en distintos contextos, lo que produce ambigüedades e incluso contradicciones, especialmente en cursos de cálculo y física (López-Gay et al., 2015; Nilsen y Knutsen, 2023).

Diversos autores muestran cómo estos significados conviven y generan diferentes conflictos explícitos e implícitos en los libros de textos y en la enseñanza de cálculo, física e ingeniería (Artigue et al., 1990; Badillo et al., 2005; Oldenburg, 2016; Pulido, 2010; Verón y Giacomone, 2023). Por ejemplo, la expresión dy/dx puede cambiar de significado según el contexto: puede representar la derivada de y respecto de x , un cociente de diferenciales (Ely, 2021), o incluso un símbolo indivisible (Tall, 1992). Asimismo, Hu y Rebello (2013) muestran que los símbolos dx y dy generan dificultades para los estudiantes de física, ya que su interpretación varía según el contexto de uso, representando tanto una cantidad infinitesimal como un cambio infinitesimal de una cantidad física. También se generan conflictos cognitivos en los procesos de significación e interpretación de la dx en la expresión $\int_a^b f(x)dx$ como lo estudia Burgos et al. (2021), Ely (2017), Jones (2015), Nilsen y Knutsen (2023) y Tall (1992).

En este sentido, la diferencial puede entenderse como un objeto matemático cuyo significado se construye a partir de prácticas y usos situados, en los que emergen conflictos semióticos vinculados con la interpretación de magnitudes variables, cantidades infinitesimales y procesos de acumulación. Analizar estos conflictos en contextos de modelización resulta relevante para comprender cómo los estudiantes elaboran significados asociados a la diferencial en cursos iniciales de cálculo.

METODOLOGÍA

Se empleó un enfoque cualitativo, exploratorio y descriptivo (McMillan y Schumacher, 2001) con 70 estudiantes de primer año de ingeniería, organizados en grupos de 4 a 5 integrantes, durante una sesión de dos horas de Análisis I. La tarea (Figura 1) consistió en calcular la masa de una lámina circular de radio 3m con densidad variable según la distancia al centro.

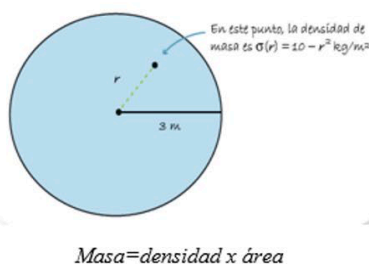
Figura 1

Situación-problema presentada a los estudiantes

Situación-problema:

Considerando una lámina circular de 3 metros de radio, cuya masa se distribuye de tal manera que la densidad en todo punto es $\sigma(r) = 10 - r^2$ (kg/m^2), donde r es la distancia del punto al centro de la lámina. Se pide:

Determinar la masa M total de la lámina circular con la densidad de masa dependiendo de radio.



Fuente: Adaptado de Salinas et al. (2012, p. 142)

Para este estudio se analizaron producciones escritas, representaciones gráficas y discusiones colectivas generadas durante la resolución de la tarea.

Desde el marco del EOS, se realizó un análisis a priori de posibles estrategias de resolución, tomando como referencia significados institucionales asociados al objeto matemático en estudio, con el fin de anticipar potenciales conflictos semióticos (como proponen, por ejemplo, Malaspina y Font, 2010).

Durante la implementación, las puestas en común permitieron problematizar las estrategias emergentes y hacer explícitos conflictos cognitivos asociados a las interpretaciones de los estudiantes.

El análisis se centró en identificar desajustes entre los significados personales movilizados por los estudiantes y los significados institucionales de referencia asociados a la diferencial y a los objetos matemáticos implicados en la tarea. Las discusiones colectivas fueron consideradas como evidencia complementaria para interpretar cómo estos conflictos emergían, se explicitaban y se resignificaban durante la actividad matemática desarrollada en el aula.

RESULTADOS: CONFLICTOS SEMIÓTICOS EMERGENTES

El análisis de las resoluciones de los estudiantes permitió identificar una serie de conflictos semióticos, relacionados con la interpretación de las magnitudes involucradas, que no aparecen de manera aislada, sino que configuran una progresión conceptual.

Conflicto 1: interpretación de la densidad como constante

Este conflicto limita la comprensión de la variación de la magnitud y constituye uno de los primeros obstáculos en la resolución de la tarea. Al calcular la masa de la lámina, algunos estudiantes asumieron que la densidad era constante en toda la superficie, sustituyendo directamente el valor correspondiente al radio máximo ($r = 3m$) en la expresión de densidad y multiplicándolo por el área total del círculo. Este procedimiento evidencia un conflicto semiótico asociado a la interpretación funcional de la densidad, ya que se la concibe como una magnitud uniforme e independiente de la posición, en lugar de entenderla como una función que varía en función de la distancia al centro de la lámina.

Conflicto 2: representación del radio como variable

Un segundo conflicto emergió en la interpretación del radio como variable. En la Figura 1 coexisten dos significados ostensivos del radio: el radio particular de $3m$ correspondiente a la lámina completa y el radio genérico r , que representa cualquier distancia posible al centro.

Varios estudiantes no distinguieron estos significados y operaron únicamente con el valor fijo del radio máximo de $3m$, por ejemplo, como se observa en la Figura 2, dificultando la interpretación del radio como variable que interviene simultáneamente en la función de densidad y en el cálculo del área.

Desde el EOS, este conflicto puede interpretarse como una tensión entre los niveles ostensivo-extensivo e ostensivo-intensivo del objeto matemático, lo que dificulta la articulación entre lo particular y lo general. En términos de prácticas matemáticas, se observa una ruptura en la coordinación entre representaciones geométricas y analíticas del radio, afectando la construcción de significados coherentes para la densidad y la masa como funciones dependientes de la posición.

Figura 2

Parte de la resolución de un estudiante

$$\begin{aligned}
 \sigma(3) &= 10 - r^2 = 10 - 3^2 = 1 \quad \pi 3^2 \\
 M &= 28,27 \\
 \sigma(3) &= 10 - r^2 \text{ Kg} \\
 &= 10 - 3^2 \text{ Kg} \\
 &= 10 - 9 \text{ Kg} \\
 &= 1 \text{ Kg} \\
 M &= \pi 3^2 \cdot 1 \text{ Kg} \\
 M &= 28,27 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Durante la discusión colectiva se problematizaron los supuestos implícitos en estas resoluciones, especialmente el reemplazo directo del radio por su valor máximo sin considerar su papel como variable dentro de la modelización del problema. Esta discusión permitió explicitar que dicha interpretación limitaba la comprensión de la variación de la densidad y de su efecto en el cálculo de la masa.

Conflicto 3: superposición de áreas

Al avanzar con la resolución, se observa que la mayoría de los grupos consideró nuevos valores de radio (1, 2 y 3) y repitió el procedimiento de cálculo de la masa. Aunque reconocían que la densidad y la masa variaban, persistía un conflicto semiótico asociado a la acumulación de magnitudes geométricas, ya que el área utilizada seguía correspondiendo al círculo completo en cada caso (Figura 3).

Figura 3

Suma de los tres valores de masa

$$\sum_{i=0}^3 (10 - i^2) \cdot 9\pi \text{ Kg} = (10 - 1^2) \cdot 9\pi \text{ Kg} = 254,46 \text{ Kg}$$

$$(10 - 2^2) \cdot 9\pi \text{ Kg} = 169,64 \text{ Kg}$$

$$(10 - 3^2) \cdot 9\pi \text{ Kg} = 28,27 \text{ Kg}$$

$$452,37 \text{ Kg}$$

Esto implicaba considerar reiteradamente áreas superpuestas correspondientes a círculos concéntricos, produciendo una sobreestimación de la masa total. La discusión colectiva permitió explicitar este conflicto y reconocer que la estrategia utilizada no resultaba coherente con la acumulación de la magnitud buscada.

La discusión permitió reconocer que no era suficiente repetir cálculos para distintos radios, ya que el problema no consistía en sumar masas independientes sino en modelizar una acumulación continua. Esta reinterpretación llevó a algunos grupos a cuestionar la naturaleza de la unidad considerada inicialmente y a proponer regiones cada vez más pequeñas que evitaran la reiteración de áreas previamente contabilizadas. En este proceso comenzaron a emerger expresiones vinculadas con variaciones infinitesimales del radio y del área, favoreciendo la transición desde una aproximación discreta hacia una interpretación continua de la acumulación.

Conflicto 4: redefinición de la unidad de acumulación

Tras identificar el problema de la superposición de áreas, emergió un nuevo conflicto vinculado con la determinación de la unidad adecuada para modelizar la acumulación de masa. Mientras las estrategias iniciales consideraban círculos completos asociados a distintos valores del radio, esta representación impedía construir una acumulación coherente sin reiterar áreas previamente contabilizadas.

Algunos estudiantes comenzaron a proponer la descomposición de la lámina en coronas circulares cada vez más delgadas, introduciendo expresiones como “cantidades muy pequeñas”, “tiende a cero”, “infinitesimal”, “porción infinitesimal” o “cada vez más pequeño”, similares a las reportadas por Tall (1980).

Este conflicto resultó clave para avanzar hacia la conceptualización de la diferencial como herramienta para representar variaciones infinitesimales del radio, del área y de la masa. Es decir, constituye un punto de inflexión que conduce a la introducción de cantidades infinitesimales.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio evidencia que la resolución de problemas de modelización matemática puede generar conflictos semióticos vinculados con la interpretación de magnitudes variables, la acumulación de cantidades y la construcción de significados asociados a la diferencial.

Los resultados muestran una secuencia de conflictos relacionados con la interpretación de la densidad como magnitud variable, la representación del radio como variable matemática, la superposición de áreas y la redefinición de la unidad de acumulación. En conjunto, estos conflictos permiten comprender algunas de las dificultades que enfrentan estudiantes de ingeniería al abordar procesos de modelización continua asociados al cálculo.

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que documentan dificultades en la interpretación del diferencial y de los objetos matemáticos asociados a procesos de acumulación y variación (Hu y Rebello, 2013; Nilsen y Knutsen, 2023; Verón et al., 2026).

La discusión colectiva de estrategias resultó relevante para hacer explícitos significados parciales, confrontar interpretaciones divergentes y favorecer procesos de resignificación conceptual en torno a la diferencial. Desde el Enfoque Ontosemiótico, estos resultados refuerzan la utilidad de la noción de conflicto semiótico como herramienta analítica para interpretar desajustes entre significados personales e institucionales movilizados en la actividad matemática.

Desde una perspectiva formativa, estos hallazgos tienen implicaciones para la formación del profesorado que enseña matemáticas en contextos universitarios, particularmente en carreras como ingeniería. Disponer de análisis a priori de tareas, identificar posibles conflictos epistémicos y cognitivos, así como contar con estrategias o resoluciones de referencia, puede constituir un recurso relevante para anticipar dificultades y orientar los procesos de enseñanza. En este sentido, la identificación y gestión de conflictos semióticos constituye una competencia docente clave para favorecer la comprensión de objetos matemáticos complejos como la diferencial (Font et al., 2024; Giacomone y Verón, 2023; Godino et al., 2017; Pino-Fan et al., 2023). Estos hallazgos refuerzan la importancia de desarrollar esta competencia en la formación del profesorado de matemáticas, en línea con aportes recientes de la comunidad de investigación (Giacomone et al., 2024).

Aunque se trata de un estudio situado en un contexto específico de formación en ingeniería, los hallazgos aportan evidencia sobre la complejidad semiótica involucrada en la comprensión de la diferencial y ofrecen elementos para futuras investigaciones sobre la enseñanza y aprendizaje del cálculo en contextos universitarios.

RECONOCIMIENTOS

Trabajo realizado en el marco de los proyectos PID2021-122326OBI00 (España), 16/Q1706-PI (FCEQyN – UnaM, Argentina), y PRIU2025-2026 (República de San Marino)

Referencias

- Badillo, E. R., Font, V. y Azcárate, C. (2005). Conflictos semióticos relacionados con el uso de la notación incremental y diferencial en libros de física y de matemática del bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias, (Extra)*, 1-6.
- Burgos, M., Bueno, S., Pérez, O. y Godino, J. (2021). Onto-semiotic complexity of the Definite Integral. *Journal of Research in Mathematics Education*, 10(1), 4-40. <https://doi.org/10.17583/redimat.2021.6778>
- Ely, R. (2017). Definite integral registers using infinitesimals. *The Journal of Mathematical Behavior*, 48, 152-167. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2017.10.002>
- Ely, R. (2021). Teaching calculus with infinitesimals and differentials. *ZDM Mathematics Education*, 53, 591-604. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01194-2>

- Font, V., Breda, A., Sala-Sebastià, G. y Pino-Fan, L. (2024). Future teachers' reflections on mathematical errors made in their teaching practice. *ZDM-Mathematics Education*, 56, 1169-1181. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01574-y>
- Font, V. y Contreras, Á. (2008). The problem of the particular and its relation to the general in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 69, 33-52. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9123-7>
- Font, V., Godino, J. D. y Gallardo, J. (2013). The emergence of objects from mathematical practices. *Educational Studies in Mathematics*, 82, 97-124. <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9411>
- Giacomone, B. y Verón, M. A. (2023). Competencia de futuros profesores de matemática para identificar prácticas, objetos y procesos en la resolución de un problema del diferencial. En C. Jiménez-Gestal, Á. A. Magreñán, E. Badillo y P. Ivars (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVI* (pp. 267-274). SEIEM.
- Giacomone, B., Verón, M. A. y Beltrán-Pellicer, P. (2024). Reflexiones sobre el diseño didáctico de un ciclo formativo para el desarrollo de competencias didáctico-matemáticas. En N. Adamuz-Povedano, E. Fernández-Ahumada, N. Climent y C. Jiménez-Gestal (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVII* (pp. 281-288). SEIEM.
- Godino, J. D. (2002). Un enfoque ontológico y semiótico de la cognición matemática. *Recherches en didactique des Mathématiques*, 22(2/3), 237-284.
- Godino, J. D. (2024). *Enfoque ontosemiótico en educación matemática. Fundamentos, herramientas y aplicaciones*. McGraw Hill-Aula Magna.
- Godino, J. D. y Batanero, C. (1994). Significado institucional y personal de los objetos matemáticos. *Recherches en didactique des Mathématiques*, 14(3), 325-355.
- Godino, J. D., Giacomone, B., Batanero, C. y Font, V. (2017). Enfoque ontosemiótico de los conocimientos y competencias del profesor de matemáticas. *Bolema*, 31(57), 90-113.
- Hu, D. y Rebello, N. S. (2013). Understanding student use of differentials in physics integration problems. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2), 1-14. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020108>
- Jones, S. R. (2015). Areas, anti-derivatives, and adding up pieces: definite integrals in pure mathematics and applied science contexts. *Journal of Mathematical Behavior*, 38, 9-28. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2015.01.001>
- López-Gay, R., Sáez, J. M. y Torregrosa, J. M. (2015). Obstacles to mathematization in physics: The case of the differential. *Science & Education*, 24(5-6), 591-613. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9757-7>
- Nilsen, H. K. y Knutsen, K. H. (2023). First-year engineering students' interpretations of differentials and definite integrals. *Int. J. Res. Undergrad. Math. Ed.*, 9, 173-200. <https://doi.org/10.1007/s40753-022-00208-6>
- Malaspina, U. y Font, V. (2010). The role of intuition in the solving of optimization problems. *Educational Studies in Mathematics*, 75, 107-130. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9243-8>
- McMillan, J. y Schumacher, S. (2001). *Investigación cualitativa*. Addison.
- Oldenburg, R. (2016). Differentiale als prognosen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 37, 55-82. <https://doi.org/10.1007/s13138-016-0096-2>
- Pino-Fan, L.R., Castro, W.F. y Font, V. (2023). A Macro Tool to Characterize and Develop Key Competencies for the Mathematics Teacher' Practice. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21, 1407-1432. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10301-6>
- Pulido, R. (2010). La enseñanza de los diferenciales en las escuelas de ingeniería desde un enfoque socioepistemológico. *Relime: Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 13(4-I), 85-97.
- Salinas, P., Alanis, J. A., Pulido, R., Santos, F., Escobedo, J. C. y Garza, J. L. (2012). *Cálculo aplicado: Competencias matemáticas a través de contextos* Tomo 2. Cengage Learning Editores SA de CV.

- Tall, D. O. (1980). Intuitive infinitesimals in the calculus [poster]. *Fourth International Congress on Mathematical Education*, Berkeley, Estados Unidos. <http://homepages.warwick.ac.uk/staff/David.Tall/pdfs/dot1980c-intuitive-infls.pdf>
- Tall, D. O. (1992). Students' difficulties in calculus. En *Proceedings of Working Group 3 on Students difficulties in calculus, ICME-7* (pp. 13-28). Québec, Canada, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.377.2989&rep=rep1&type=pdf>
- Verón, M. A. y Giacomone, B. (2021). Análise dos significados do conceito de diferencial de uma perspectiva ontosemiótica. *Revemop*, 3, e202109. <https://doi.org/10.33532/revemop.e202109>
- Verón, M. A. y Giacomone, B. (2023). Idoneidad didáctica de un libro de texto para el estudio del diferencial. En S. Caviedes, J.G. Lugo-Armenta, L.R. Pino-Fan y A. Sánchez (Eds.), *Actas del Primer Congreso Internacional de Didáctica de la Matemática* (pp. 341-350). Universidad de Los Lagos. <https://cididmat.ulagos.cl/>
- Verón, M. A., Giacomone, B. y Pino-Fan, L. (2024). Guía de valoración de la idoneidad didáctica de procesos de estudio de la diferencial. *Uniciencia*, 38(1), 1-22. <https://doi.org/10.15359/ru.38-1.2>
- Verón, M. A., Giacomone, B. y Etchegaray, S. (2026). Competencia del profesor para gestionar conflictos semióticos en la resolución de problemas de cálculo. *AIEM-Avances de Investigación en Educación Matemática*, 29, 111-132. <https://doi.org/10.35763/aiem29.6943>
- Von Korff, J. y Rebello, N. S. (2014). Distinguishing between change and amount infinitesimals in first-semester calculus-based physics. *American Journal of Physics*, 82(7), 695-705. <https://doi.org/10.1119/1.4875175>