Revista EDUCATECIENCIA Journal
E-ISSN: 2683-2836
CD-ISSN: 2007-6347
Tepic, Nayarit; México

Vol. 34 Núm. 2 (2026)
Julio-diciembre 2026
https://doi.org/10.58299/edutec.v34i2.459
Pp. 45-65

Compromiso estudiantil durante una experiencia didáctica sobre razón de cambio instantánea en cálculo diferencial

Student engagement during a didactic experience on instantaneous rate of change in differential calculus

Gelin del Carmen Meléndrez González
16036373l@uan.edu.mx
0009-0008-2929-8812

María Inés Ortega Arcega
maria.arcega@uan.edu.mx
0000-0002-1058-8106

Francisco Javier Jara Ulloa
jaraulloa@uan.edu.mx
0000-0003-3917-8220

Miguel Angel López Santana
miguel.lopez@uan.edu.mx
0009-0003-8223-4053

María Teresa Casillas Alcalá
terecasillas07@uan.edu.mx
0000-0002-4439-2814

Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Ciencias Básicas e Ingenierías. Licenciatura en Matemáticas. Tepic, Nayarit, México.

Resumen

Problema de investigación: el aprendizaje de la razón de cambio instantánea presenta dificultades cuando los estudiantes aplican procedimientos de derivación sin interpretar el cambio en un punto. **Objetivo general**: el objetivo fue analizar las manifestaciones de compromiso cognitivo, conductual y emocional durante una experiencia didáctica. **Clasificación de la investigación**: la investigación fue cualitativa, descriptiva-interpretativa, de campo, no experimental, prospectiva y longitudinal. **Población y muestra:** la población correspondió a estudiantes de educación matemática y la muestra intencional a cuatro participantes. **Instrumentos de investigación**: se emplearon producciones escritas y digitales, registros de participación y entrevistas semiestructuradas. **Validación de instrumentos de investigación:** la consistencia de la entrevista se atendió mediante congruencia teórica y triangulación de fuentes. **Análisis de datos:** los datos se analizaron mediante codificación temática deductiva. **Resultados:** los resultados evidenciaron compromiso cognitivo al distinguir razón promedio e instantánea; conductual, en el uso de representaciones, tecnología y discusión; y emocional, en el tránsito de confusión y frustración hacia interés y confianza. **Conclusiones:** se concluye que este aprendizaje articula interpretación matemática, participación y disposiciones afectivas.

Palabras clave: cálculo; enseñanza; participación; universidad.

Abstract

Research problem: learning instantaneous rate of change is difficult when students apply differentiation procedures without interpreting change at a point. **General objective**: the objective was to analyze manifestations of cognitive, behavioral, and emotional engagement during a didactic experience. **Research classification**: the study was qualitative, descriptive-interpretive, field-based, non-experimental, prospective, and longitudinal. **Population and sample:** the population comprised mathematics education students, and the purposive sample included four participants. **Research instruments**: written and digital work, participation records, and semistructured interviews were used. **Validation of research instruments**: interview consistency was addressed through theoretical congruence and source triangulation. **Data analysis:** data were analyzed using deductive thematic coding. **Results**: results evidenced cognitive engagement in distinguishing average and instantaneous rates; behavioral engagement in the use of representations, technology, and discussion; and emotional engagement in the transition from confusion and frustration to interest and confidence. **Conclusions:** the study concludes that this learning integrates mathematical interpretation, participation, and affective dispositions.

Keywords: calculus; participation teaching; university.

Publicación de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

Recibido: julio 17, 2026 * Aprobado: agosto 17, 2026 * Publicado: agosto 18, 2026

Introducción

Problema de investigación

El aprendizaje de la razón de cambio instantánea constituye un problema relevante en cálculo diferencial porque exige coordinar significados de variación, límite, pendiente, dependencia funcional y cambio local. Estudios recientes muestran que los estudiantes pueden operar con reglas de derivación sin consolidar la derivada como razón de cambio local ni coordinar adecuadamente sus representaciones, lo que limita la interpretación de fenómenos dinámicos y de contextos aplicados (Feudel & Biehler, 2022; Greefrath et al., 2023; Mkhatshwa, 2024; Zandieh, 2000).

Esta dificultad no solo se expresa en errores procedimentales, sino también en la forma en que los estudiantes participan, explican, contrastan ideas y sostienen su trabajo ante tareas que no se resuelven mediante la aplicación directa de una fórmula. Por ello, además de estudiar la comprensión conceptual de la razón de cambio instantánea, resulta pertinente analizar cómo se involucran los estudiantes durante experiencias didácticas que demandan exploración, representación, discusión y justificación matemática.

Desde esta perspectiva, el aprendizaje del cálculo no puede reducirse a una dimensión cognitiva aislada. Las tareas sobre movimiento, reducción de intervalos, representación gráfica y uso de tecnología movilizan formas de participación observable y respuestas emocionales asociadas con incertidumbre, frustración, curiosidad, seguridad e interés. Estas dimensiones permiten mirar el aprendizaje como una experiencia situada en la que el estudiante piensa, actúa y se posiciona afectivamente frente al objeto matemático.

Aunque existen estudios sobre la comprensión de la derivada y sobre el compromiso estudiantil, todavía resulta necesario comprender cómo se manifiestan conjuntamente el compromiso cognitivo, conductual y emocional durante el aprendizaje de la razón de cambio instantánea. En consecuencia, el problema que orienta este estudio se centra en identificar cómo se involucran estudiantes universitarios durante una experiencia didáctica sobre razón de cambio instantánea en cálculo diferencial, sin reconstruir una trayectoria cognitiva formal ni clasificar niveles de construcción conceptual.

Referente teórico

El compromiso estudiantil se entiende como un constructo multidimensional que permite analizar la implicación del estudiante en los procesos de aprendizaje. Fredricks et al. (2004) distinguen tres dimensiones principales: compromiso conductual, compromiso emocional y compromiso cognitivo.

El compromiso conductual refiere a la participación observable en actividades académicas; el compromiso emocional alude a reacciones afectivas como interés, frustración, confianza, ansiedad o satisfacción; y el compromiso cognitivo se relaciona con el esfuerzo intelectual, la autorregulación, la elaboración de significados y el uso de estrategias profundas de aprendizaje. Esta concepción multidimensional permite reconocer que el compromiso no se limita a la participación observable, sino que comprende también el esfuerzo intelectual y las respuestas afectivas que acompañan el aprendizaje (Nkomo et al., 2021; Wong & Liem, 2022).

En educación superior, el compromiso se comprende como un fenómeno dinámico y situado en la interacción entre estudiantes, prácticas de enseñanza, tareas y condiciones institucionales (Trowler et al., 2022). Esta mirada es pertinente para el cálculo diferencial porque aprender razón de cambio instantánea implica enfrentar tareas que demandan interpretación, discusión, coordinación de representaciones y reorganización de ideas previas.

Para evitar una confusión conceptual, en este estudio el compromiso cognitivo no se equipará directamente con comprensión matemática. La comprensión de la razón de cambio instantánea constituye el objeto de aprendizaje; el compromiso cognitivo se infiere cuando los estudiantes despliegan esfuerzo intelectual para distinguir razón promedio e instantánea, explicar la reducción de intervalos, relacionar pendiente y cambio, justificar procedimientos y coordinar representaciones. De este modo, la dimensión cognitiva se analiza a partir de las acciones intelectuales que acompañan la construcción del significado matemático.

La comprensión de la razón de cambio instantánea requiere articular la razón de cambio promedio, la reducción de intervalos, la noción de límite y la pendiente de la recta tangente. Zandieh (2000) caracteriza la derivada como un concepto que integra significados de razón, límite y función. Estudios recientes confirman que los estudiantes coordinan de manera desigual los significados de tasa local, pendiente tangente y linealidad, y que las

conexiones con contextos aplicados continúan siendo problemáticas (Feudel & Biehler, 2022; Greefrath et al., 2023). En este marco, la razón de cambio instantánea se interpreta como el cambio en un punto, construido mediante la aproximación de razones de cambio promedio en intervalos cada vez más pequeños.

Las representaciones tabulares, gráficas, simbólicas y dinámicas resultan centrales en este proceso. Las gráficas permiten observar la pendiente y el comportamiento local de una función; las tablas permiten identificar tendencias numéricas al reducir intervalos; las hojas de cálculo facilitan la organización de datos; y GeoGebra favorece la exploración dinámica de valores, secantes, pendientes y aproximaciones. En este sentido, la tecnología no se considera únicamente un recurso instrumental, sino un mediador de la participación matemática y de la coordinación de representaciones (Gavilán-Izquierdo et al., 2021; Nkomo et al., 2021). Asimismo, las tareas abiertas relacionadas con el movimiento y la velocidad pueden favorecer la construcción de significados iniciales del cálculo mediante la coordinación de diferentes representaciones (Hitt & Dufour, 2021).

El compromiso emocional permite analizar cómo los estudiantes experimentan afectivamente el aprendizaje del cálculo diferencial. Las emociones académicas, como interés, ansiedad, frustración, curiosidad o confianza, influyen en la manera en que los estudiantes enfrentan las tareas y sostienen su participación (Camacho-Morles et al., 2021; Pekrun, 2006). La dificultad, la confusión o la frustración pueden aparecer durante el aprendizaje sin implicar necesariamente abandono de la actividad. En este estudio, dichas emociones se interpretan como parte del proceso mediante el cual los estudiantes confrontan ideas previas y reconstruyen significados sobre la razón de cambio instantánea.

Objetivo

El objetivo general de esta investigación fue analizar las manifestaciones de compromiso cognitivo, conductual y emocional de estudiantes universitarios durante una experiencia didáctica orientada al aprendizaje de la razón de cambio instantánea en cálculo diferencial.

De manera específica, se buscó: a) identificar manifestaciones de compromiso cognitivo en las formas en que los estudiantes interpretan la razón de cambio instantánea, la reducción de intervalos, la pendiente y su relación con la derivada; b) describir manifestaciones de compromiso conductual a partir de la participación en tareas con tablas, gráficas, GeoGebra, hojas de cálculo y discusiones; y c) reconocer manifestaciones de

compromiso emocional asociadas con interés, confusión, frustración, curiosidad, seguridad y confianza durante la experiencia didáctica.

Método

Clasificación y diseño de la investigación

Desde el punto de vista metodológico, la selección del enfoque y del diseño debe corresponder con el problema y los objetivos del estudio (Islas, 2025). En este sentido, por el tipo de datos, la investigación se clasificó como cualitativa, debido a que se analizaron producciones, registros de participación y entrevistas para comprender e interpretar las manifestaciones del compromiso estudiantil desde las experiencias de los participantes (Muñoz et al., 2025). Por su alcance, fue descriptiva-interpretativa, porque se buscó caracterizar e interpretar las dimensiones cognitiva, conductual y emocional del compromiso estudiantil, sin establecer relaciones causales. Según la fuente, fue una investigación de campo con información primaria, ya que las producciones, los registros y las entrevistas se obtuvieron directamente de los participantes. De acuerdo con el plan temporal de recolección, fue prospectiva y longitudinal de corta duración, pues las evidencias se reunieron durante cuatro sesiones sucesivas y se complementaron con entrevistas posteriores. Finalmente, el diseño fue no experimental, dado que no se manipularon variables ni se compararon condiciones para estimar efectos o generalizar estadísticamente los resultados.

El estudio se concibe como un análisis cualitativo de una experiencia didáctica de intervención breve. La secuencia se diseñó para promover el tránsito desde significados intuitivos de velocidad hacia la razón de cambio instantánea y su relación con la derivada. Aunque la experiencia implicó tareas estructuradas, recursos digitales y discusión guiada, el foco de este artículo no es evaluar la eficacia de la intervención ni reconstruir una trayectoria cognitiva, sino interpretar las formas de compromiso que emergieron durante y después de la experiencia.

Este artículo deriva de un proyecto más amplio sobre aprendizaje de la razón de cambio y la derivada; sin embargo, su aporte específico es distinto: no analiza niveles APOS, mecanismos de abstracción reflexiva ni la validación de una trayectoria hipotética de aprendizaje. Las evidencias de la secuencia se usan únicamente para interpretar manifestaciones de compromiso cognitivo, conductual y emocional. Esta delimitación evita

duplicar el análisis conceptual de la derivada y sitúa el presente manuscrito en el debate sobre participación estudiantil, experiencia emocional y aprendizaje situado en cálculo diferencial.

Población de estudio

La experiencia se implementó en un curso universitario vinculado con cálculo y formación en educación matemática en México. Participaron cuatro estudiantes de licenciatura en un programa de educación matemática, todos con antecedentes previos en cálculo diferencial, principalmente desde una enseñanza procedimental. Esta característica permitió analizar no un aprendizaje inicial del tema, sino la reinterpretación conceptual de la razón de cambio instantánea a partir de una propuesta centrada en exploración, representación, discusión y construcción de significado.

La selección de los participantes fue intencional. Se incluyeron estudiantes que completaron la secuencia de actividades y respondieron la entrevista posterior. Para proteger su identidad, en el análisis se utilizaron códigos alfanuméricos: E1, E2, E3 y E4. La participación fue voluntaria y la información se trabajó con fines académicos, evitando datos que permitieran identificar a los participantes en la presentación de resultados.

Instrumentos de investigación

La experiencia didáctica constó de cuatro sesiones sincrónicas de aproximadamente 75 a 90 minutos, desarrolladas mediante Zoom. Las actividades combinaron situaciones de movimiento, videos, tablas, gráficas, GeoGebra, Excel y discusión colectiva. Para este artículo, la secuencia se describe solo como contexto de producción de evidencias de compromiso estudiantil; por ello, se privilegian las acciones observables, las formas de participación y las respuestas emocionales de los estudiantes, no la clasificación de estructuras cognitivas. La tabla 1 sintetiza los momentos de la experiencia didáctica, las tareas desarrolladas y las evidencias consideradas para analizar el compromiso estudiantil.

Tabla 1. Contexto didáctico y evidencias consideradas para el análisis del compromiso estudiantil.

Momento de la experiencia	Tipo de tarea	Evidencia de compromiso considerada	Uso analítico en este artículo
Inicio de la experiencia	Definición inicial de velocidad, razón promedio e instantánea; interpretación de videos y gráficas sencillas.	Explicaciones verbales, definiciones iniciales, dudas y primeras formas de participación.	Identificar conocimientos previos, seguridad/inseguridad inicial y disposición ante una forma no rutinaria de trabajo.
Trabajo con intervalos decrecientes	Cálculo de razones promedio en intervalos cada vez menores y organización de valores en tablas.	Tablas, cálculos, comentarios sobre precisión y discusiones sobre aproximación.	Analizar compromiso cognitivo en la interpretación de la aproximación y compromiso conductual en el manejo de datos.
Trabajo con representaciones y tecnología	Uso de GeoGebra y Excel para visualizar movimiento, gráficas, valores y tendencias.	Registros digitales, gráficas, manipulación de valores y explicación de procedimientos.	Describir participación observable mediada por tecnología y coordinación entre representaciones.
Cierre y reflexión posterior	Discusión colectiva y entrevista semiestructurada posterior a la experiencia.	Relatos sobre comprensión, dificultad, frustración, interés, seguridad y confianza.	Reconocer manifestaciones emocionales y reconstrucción retrospectiva del sentido de la experiencia.

Fuente. Elaboración propia a partir de la secuencia didáctica implementada.

Se utilizaron tres fuentes principales. La primera correspondió a las producciones generadas durante la secuencia: tablas de intervalos decrecientes, gráficas, registros en hojas de cálculo y representaciones construidas con GeoGebra. La segunda estuvo integrada por registros de participación en las sesiones, particularmente explicaciones orales, discusiones con compañeros y respuestas a preguntas orientadoras. La tercera consistió en entrevistas semiestructuradas posteriores, dirigidas a recuperar la percepción de los estudiantes sobre comprensión, participación y emociones durante la experiencia.

Las entrevistas se organizaron en tres apartados. El primero exploró el compromiso cognitivo mediante preguntas sobre razón de cambio promedio, razón de cambio instantánea, reducción de intervalos, pendiente y derivada. El segundo indagó el compromiso conductual mediante preguntas sobre participación en tablas, gráficas, GeoGebra, Excel y discusiones. El tercero abordó el compromiso emocional mediante preguntas sobre interés, confusión, seguridad, frustración, curiosidad, dificultad y confianza. La organización se fundamentó en el modelo multidimensional de Fredricks et al. (2004), actualizado con la delimitación conceptual de Wong y Liem (2022) y con el carácter situado

del compromiso en educación superior descrito por Trowler et al. (2022). Los indicadores emocionales se apoyaron en Pekrun (2006) y Camacho-Morles et al. (2021). La tabla 2 presenta la correspondencia entre dimensiones, preguntas y evidencias esperadas.

Tabla 2. Correspondencia entre dimensiones, preguntas y evidencia esperada.

Dimensión	Preguntas centrales	Evidencia esperada
Compromiso cognitivo	¿Qué entendiste por razón de cambio promedio e instantánea? ¿Qué papel tiene reducir el intervalo? ¿Cómo relacionas pendiente, razón de cambio y derivada?	Distinción entre cambio en intervalo y cambio en un punto; explicación de intervalos decrecientes; relación entre pendiente, límite y derivada.
Compromiso conductual	¿En qué actividades participaste más activamente? ¿Qué recurso usaste con mayor facilidad? ¿Discutir con compañeros modificó tus ideas?	Participación en tablas, gráficas, GeoGebra, Excel y discusiones; comparación de procedimientos; explicación de resultados.
Compromiso emocional	¿Qué sentiste al trabajar con razón de cambio instantánea? ¿Cuándo te sentiste más seguro? ¿Cuándo sentiste mayor dificultad? ¿Cambió tu confianza?	Expresiones de interés, confusión, frustración, curiosidad, seguridad, inseguridad y confianza progresiva.

Fuente. Elaboración propia a partir de Fredricks et al. (2004), Pekrun (2006), Camacho-Morles et al. (2021), Trowler et al. (2022) y Wong y Liem (2022).

Variables de investigación

Debido al enfoque cualitativo y al diseño no experimental del estudio, no se manipularon variables. Se trabajó con el compromiso estudiantil como categoría central de investigación y con tres dimensiones analíticas: cognitiva, conductual y emocional. Estas dimensiones orientaron la elaboración de la entrevista, la organización de las evidencias y la codificación temática de la información.

Operacionalización de variables

La operacionalización se realizó mediante la categoría central de compromiso estudiantil y sus tres dimensiones analíticas: cognitiva, conductual y emocional. Para cada dimensión se establecieron una definición operativa, indicadores y fuentes de información, con el propósito de orientar la identificación y clasificación de las evidencias. La tabla 3 presenta esta operacionalización.

Tabla 3. Operacionalización de categorías de análisis.

Categoría	Definición operativa	Indicadores	Fuentes
Compromiso cognitivo	Involucramiento intelectual en la interpretación de la razón de cambio instantánea.	Distingue razón promedio e instantánea; explica reducción de intervalos; relaciona pendiente y razón de cambio; vincula razón instantánea con derivada; coordina tablas, gráficas y símbolos.	Producciones escritas y digitales; entrevistas; discusiones.
Compromiso conductual	Participación observable en tareas matemáticas y discusión.	Elabora tablas; construye gráficas; usa GeoGebra y Excel; compara procedimientos; explica resultados; participa en discusión colectiva.	Registros de actividad; producciones; entrevistas.
Compromiso emocional	Disposiciones afectivas expresadas durante o después de la experiencia.	Manifiesta interés, confusión, frustración, curiosidad, seguridad, inseguridad, dificultad o confianza progresiva.	Entrevistas posteriores; comentarios durante la actividad.

Fuente. Categorías adaptadas al contexto de la razón de cambio instantánea a partir de Fredricks et al. (2004), Pekrun (2006), Camacho-Morles et al. (2021), Trowler et al. (2022) y Wong y Liem (2022).

Validación de instrumentos

La entrevista no se diseñó como una escala estandarizada, sino como una guía cualitativa semiestructurada. Su consistencia de contenido se atendió mediante congruencia teórica: cada pregunta se vinculó con una dimensión del compromiso y con indicadores derivados del referente conceptual; la matriz de la Tabla 2 permitió verificar la cobertura de las tres dimensiones y la correspondencia entre preguntas y evidencias esperadas. Después de la aplicación, las respuestas se contrastaron con producciones escritas y digitales y con registros de participación para evitar que las inferencias dependieran de una sola fuente (Jones & Donmoyer, 2021). No se realizó juicio formal de expertos ni un pilotaje independiente; esta condición limita la validación externa del instrumento y se considera al interpretar los resultados.

Recolección y análisis de datos

El análisis se realizó mediante una codificación temática deductiva, tomando como referencia las orientaciones de Braun y Clarke (2022, 2023). La unidad de análisis fue el fragmento de actividad matemática o de entrevista en el que se identificaba evidencia de compromiso cognitivo, conductual o emocional. Primero se revisaron las producciones y entrevistas para ubicar fragmentos relacionados con las tres dimensiones del compromiso.

Después, cada fragmento se clasificó según la categoría predominante. Posteriormente, se compararon las respuestas de los cuatro estudiantes para identificar recurrencias, diferencias y patrones de involucramiento. Finalmente, los hallazgos se integraron con las producciones de la secuencia didáctica para interpretar cómo se articularon comprensión, participación y experiencia emocional.

La credibilidad y consistencia del análisis se atendieron mediante triangulación de fuentes y trazabilidad interpretativa, procedimientos pertinentes para fortalecer la validez de datos de entrevista y el rigor del análisis cualitativo (Braun & Clarke, 2023; Jones & Donmoyer, 2021). Se contrastaron producciones escritas y digitales, registros de participación y entrevistas. La transferibilidad se favoreció mediante la descripción del contexto, la secuencia didáctica y los participantes; la dependencia, al explicitar categorías e indicadores; y la confirmabilidad, al vincular cada interpretación con fragmentos de los estudiantes y evidencias de la secuencia.

Las entrevistas se realizaron después de la experiencia, por lo que las emociones reportadas deben interpretarse con cautela: se trata de percepciones retrospectivas y no de mediciones emocionales en tiempo real. Para el manejo ético de la información, los nombres fueron sustituidos por códigos, se evitó incluir datos personales y las respuestas se analizaron con fines exclusivamente académicos.

Resultados y Discusiones

Resultados

Los resultados se organizan de acuerdo con las tres dimensiones del compromiso estudiantil: cognitiva, conductual y emocional. En cada dimensión se integran evidencias provenientes de entrevistas posteriores, registros de participación y producciones generadas durante la experiencia. Esta organización permite observar cómo los estudiantes interpretaron algunas ideas matemáticas, cómo participaron en las tareas y qué disposiciones afectivas acompañaron su trabajo, sin clasificar su razonamiento en niveles de construcción conceptual.

Compromiso cognitivo: interpretación de la razón de cambio instantánea

El compromiso cognitivo se manifestó en la manera en que los estudiantes diferenciaron la razón de cambio promedio de la razón de cambio instantánea. Los cuatro participantes asociaron la razón promedio con una relación entre dos puntos o un intervalo,

mientras que la razón instantánea fue vinculada con el análisis del cambio en un punto específico. E1 señaló que la razón promedio era “una relación en dos puntos”, mientras que la instantánea implicaba “un solo instante”. E3 explicó que la razón promedio era una relación “entre dos puntos en una función” y que la instantánea buscaba “verificar el cambio de nuestra función en un punto determinado”.

La reducción de intervalos fue el indicador cognitivo más consistente. E1 explicó que, si solo se tiene un punto, se pueden usar dos puntos “acercándolos lo más posible hasta que pareciera que fueran un solo punto”. E3 precisó que al reducir el intervalo “a décimas, centésimas, milésimas” el resultado se vuelve más preciso. E4 afirmó que al reducir el intervalo “el resultado que nos vaya a dar es muchísimo más preciso”. Estas respuestas muestran una comprensión inicial del papel del límite, aunque en algunos casos se expresa con lenguaje intuitivo más que formal.

Las producciones de la experiencia respaldan esta interpretación como evidencia de participación matemática. En las actividades con intervalos decrecientes, los estudiantes elaboraron tablas alrededor de un instante, calcularon razones de cambio promedio y observaron la aproximación a un valor local. Para los fines de este artículo, estas producciones no se usan para establecer una progresión cognitiva formal, sino para mostrar que el compromiso cognitivo se expresó en acciones de comparación, precisión, explicación y búsqueda de sentido.

La relación entre pendiente, razón de cambio y derivada apareció con distintos niveles de precisión. E3 afirmó que la pendiente puede verse como “una razón de cambio para una función lineal”, y posteriormente relacionó la derivada con la razón instantánea mediante el límite. E2 sostuvo que la razón de cambio instantánea y la derivada eran “lo mismo”, lo cual muestra una asociación fuerte, aunque todavía poco elaborada. E4 indicó que la derivada “también mide eso”, refiriéndose al cambio en un punto. Estas respuestas evidencian aproximaciones conceptuales diferenciadas: algunas se ubican en un nivel intuitivo y otras integran con mayor claridad pendiente, límite y derivada. La tabla 4 sintetiza las principales evidencias utilizadas para identificar el compromiso cognitivo.

Tabla 4. Evidencias del compromiso cognitivo.

Indicador	Evidencia de entrevista	Producción asociada	Interpretación
Distingue razón promedio e instantánea	E1: la razón promedio se trabaja con "dos instantes"; la instantánea con "un solo instante".	Definiciones iniciales y comparación entre velocidad promedio e instantánea.	El estudiante diferencia cambio en intervalo y cambio en un punto.
Explica reducción de intervalos	E3: al reducir a "décimas, centésimas, milésimas" se obtiene mayor precisión.	Tablas de intervalos decrecientes y cálculos de razón promedio.	Se identifica una aproximación intuitiva al proceso de límite.
Relaciona pendiente, razón y derivada	E3: la derivada por definición se relaciona con que el intervalo "tiende a cero".	Gráficas de función y razón de cambio; registros en Excel/GeoGebra.	Se coordina representación gráfica, numérica y simbólica.
Generaliza la razón de cambio	E3: se adapta de velocidad a función usando variables de la función.	Actividad 3 y 4 con funciones no cinemáticas.	El razonamiento se desplaza de movimiento a cambio funcional.

Fuente. Elaboración propia con base en las entrevistas, producciones y registros de participación.

Compromiso conductual: participación en tareas, recursos y discusiones

El compromiso conductual se manifestó en la participación de los estudiantes en tablas, gráficas, GeoGebra, Excel y discusiones. E1 indicó que participó más activamente en "las tablas" y "las discusiones", porque se desenvolvía mejor con números y explicaciones verbales. E2 mencionó GeoGebra, discusiones y tablas, destacando que la plataforma le permitió "intercambiar valores" y observar cómo cambiaba la aproximación. E3 señaló que las discusiones fueron relevantes porque, al comparar resultados, podía reconocer errores o advertir formas de pensar que no había considerado. E4 destacó GeoGebra y la discusión con compañeros como recursos que ayudaron a aclarar lo que estaba ocurriendo.

La participación no se redujo al cumplimiento de tareas. Los estudiantes manipularon valores, construyeron tablas, generaron gráficas, compararon procedimientos y defendieron interpretaciones. En particular, GeoGebra y Excel funcionaron como mediadores de la participación matemática: GeoGebra permitió visualizar modelos dinámicos y Excel facilitó la organización de datos y la generación de gráficas. E3 señaló que Excel permitía generar gráficas a partir de las tablas y que "visualizarlo era más fácil".

La discusión con compañeros fue una manifestación central del compromiso conductual. E1 afirmó que discutir le permitió modificar ideas y retroalimentar otras que no podía ver. E2 señaló que escuchar a un compañero ayuda a aclarar ideas y a construir "de todos una". E3 explicó que en la interacción se reconocen aciertos y errores propios y

ajenos. E4 sostuvo que al hablar con otros “cada quien comparte lo que sabe” y “todo queda más claro”. Estas respuestas muestran que la participación observable tuvo una dimensión social y argumentativa, no solo individual o técnica. La tabla 5 presenta las formas de participación que permitieron reconocer el compromiso conductual.

Tabla 5. Evidencias del compromiso conductual.

Forma de participación	Evidencia de entrevista	Evidencia de producción	Interpretación
Tablas y cálculos	E1: se desenvolvió mejor “con los números, con las tablas”.	Tablas de intervalos y razones de cambio promedio.	Participación centrada en organización y cálculo numérico.
GeoGebra	E2: le ayudó “estar jugando con la plataforma GeoGebra, intercambiando valores”.	Modelos dinámicos de movimiento y aproximación local.	Exploración dinámica como apoyo para visualizar el cambio.
Excel y gráficas	E3: Excel permitió generar gráficas y visualizar con mayor facilidad.	Registros en hojas de cálculo y gráficas de valores.	La tecnología facilitó la coordinación entre tabla y gráfica.
Discusión colectiva	E4: discutir con compañeros permitió entender “más lo que estaba pasando”.	Intercambio de estrategias durante las sesiones.	La interacción favoreció contraste, corrección y reconstrucción de ideas.

Fuente. Elaboración propia con base en las entrevistas, producciones y registros de participación.

Compromiso emocional: de la confusión inicial a la confianza progresiva

El compromiso emocional se manifestó mediante expresiones de confusión, frustración, inseguridad, curiosidad, interés y confianza progresiva. Al inicio de la experiencia, varios estudiantes reportaron dificultad para comprender lo que se esperaba de ellos. E1 describió una “combinación” de emociones: frustración por no saber exactamente qué hacer, confusión en varias partes y curiosidad al final. E2 expresó frustración porque ya tenía conocimiento previo del tema, pero le resultaba difícil verlo desde otra perspectiva. E4 señaló que al inicio se sentía “un poquito frustrada” porque no entendía el tema “como ellos querían que lo entendiera”.

Estas emociones se vinculan con el contraste entre una enseñanza tradicional centrada en fórmulas y una propuesta orientada a construir significados. E1 comparó la experiencia con aprender de nuevo algo que ya se creía saber: en la enseñanza tradicional “te enseñan una forma, apréndetela de memoria, y listo”, mientras que en la propuesta se ofrecían recursos para que el estudiante llegara a la conclusión. E2 también identificó este contraste: el método tradicional enseña primero la fórmula de la derivada por definición,

mientras que la propuesta buscaba primero comprender el concepto y después aplicar la fórmula.

La frustración inicial no condujo al abandono de la tarea. Por el contrario, en las entrevistas se observa un tránsito hacia interés y confianza cuando los estudiantes comenzaron a comprender el propósito de las actividades. E4 afirmó que en la última sesión "todo conectó". E3 señaló que hacia la mitad del proyecto se sintió más seguro porque ya intuía que llegarían a la derivada. E1 sostuvo que, al comprender la intención de la propuesta, aumentó el interés y cambió su confianza para estudiar cálculo. Estas evidencias sugieren que la dificultad emocional puede convertirse en una oportunidad de reflexión cuando la tarea ofrece mediación, discusión y recursos adecuados. La tabla 6 sintetiza las emociones identificadas en distintos momentos de la experiencia didáctica.

Tabla 6. Evidencias del compromiso emocional.

Momento	Evidencia	Emoción identificada	Interpretación
Inicio de la secuencia	E4: "la primera, porque no sabía ni qué onda".	Confusión e inseguridad.	La falta de familiaridad con la dinámica generó tensión inicial.
Durante las primeras actividades	E2: "me ocasionó un poco de frustración" intentar verlo desde otra perspectiva.	Frustración.	El choque con formas previas de aprendizaje activó resistencia o dificultad.
Durante la discusión y representación	E1: las gráficas ayudaron a comprender mejor la idea de razón de cambio.	Interés y seguridad gradual.	Los apoyos visuales favorecieron apropiación de sentido.
Cierre de la secuencia	E4: "todo conectó"; E3: ya sabía "hacia dónde iba".	Confianza progresiva.	La comprensión del propósito global fortaleció la seguridad.

Fuente. Elaboración propia con base en las entrevistas, producciones y registros de participación.

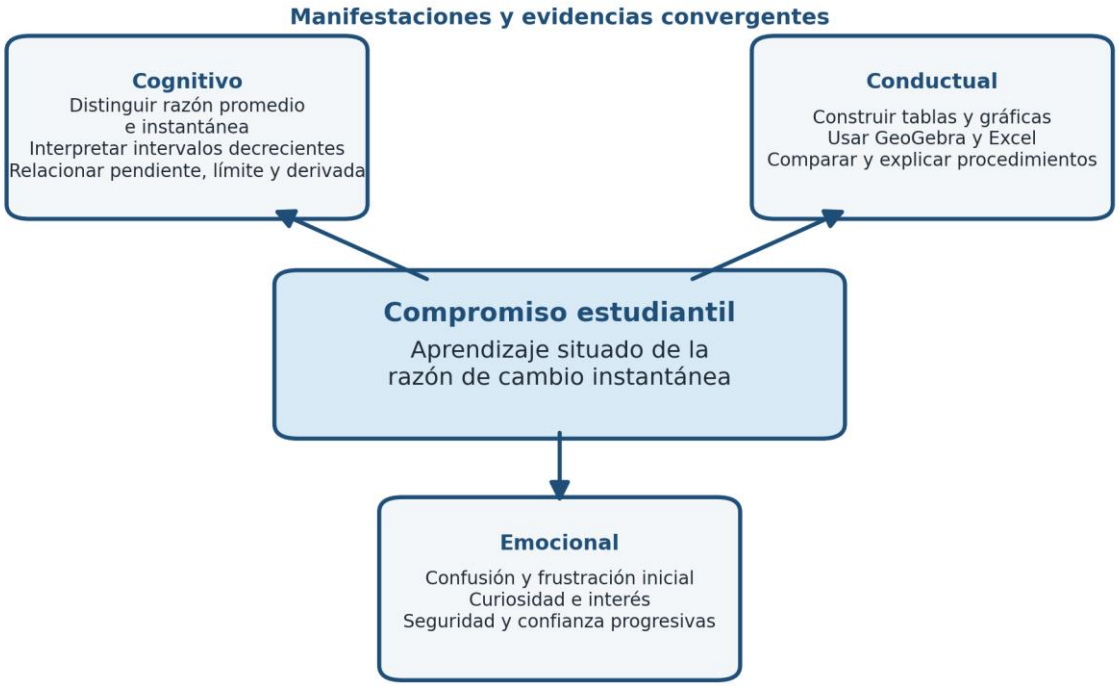
Integración de dimensiones

Las tres dimensiones del compromiso se articularon durante la experiencia. Cuando los estudiantes calcularon razones de cambio, redujeron intervalos, construyeron tablas, analizaron gráficas, usaron GeoGebra o Excel y discutieron sus ideas, se activaron simultáneamente formas de involucramiento cognitivo, conductual y emocional. Por ejemplo, al reducir intervalos en una tabla, el estudiante no solo ejecutó un procedimiento: también interpretó la aproximación al cambio en un punto, participó en una tarea observable y enfrentó emociones asociadas con dificultad, seguridad o curiosidad.

Esta integración permite comprender que el aprendizaje de la razón de cambio instantánea no se reduce a aplicar una fórmula. La experiencia demandó pensar

matemáticamente, actuar sobre representaciones y sostener afectivamente una tarea inicialmente incierta. En este sentido, el compromiso estudiantil se configura como una categoría pertinente para analizar el aprendizaje del cálculo diferencial desde una perspectiva complementaria a los estudios centrados exclusivamente en la construcción conceptual de la derivada. La figura 1 integra las principales manifestaciones cognitivas, conductuales y emocionales identificadas en el estudio.

Figura 1. Síntesis de manifestaciones del compromiso estudiantil.



Fuente. Elaboración propia con base en las entrevistas, producciones y registros de participación.

Discusiones

Los resultados muestran que el compromiso estudiantil en el aprendizaje de la razón de cambio instantánea se manifiesta como un proceso multidimensional en el que se articulan formas cognitivas, conductuales y emocionales de participación. Este hallazgo coincide con Fredricks et al. (2004), quienes plantean que el compromiso integra dimensiones diferenciadas pero interdependientes. En el presente estudio, las respuestas y producciones de los estudiantes evidencian que aprender razón de cambio instantánea no implica únicamente realizar cálculos, sino interpretar el cambio, participar en tareas matemáticas y enfrentar emociones asociadas con la dificultad, la incertidumbre y la comprensión progresiva.

En la dimensión cognitiva, los estudiantes reconocieron la diferencia entre razón de cambio promedio e instantánea, el papel de la reducción de intervalos y la relación entre pendiente, razón de cambio y derivada. Estos resultados se corresponden con Zandieh (2000), quien caracteriza la derivada como un concepto que integra significados de razón, límite y función, y con estudios recientes que documentan la necesidad de coordinar tasa local, pendiente, linealidad y razonamiento covariacional en distintos contextos (Feudel & Biehler, 2022; Greefrath et al., 2023; Mkhatshwa, 2023, 2024).

Las producciones con tablas, gráficas, GeoGebra y Excel muestran que la participación en representaciones múltiples favoreció la construcción de sentido. Este resultado dialoga con investigaciones que destacan el papel de las representaciones gráficas, la tecnología y la linealidad local en la comprensión de la derivada (Borji et al., 2024; Gavilán-Izquierdo et al., 2021; Hong & Lee, 2024). Sin embargo, los datos también muestran que usar tecnología no garantiza por sí mismo comprensión profunda: el compromiso aparece cuando la manipulación de recursos se acompaña de interpretación, discusión y justificación.

En la dimensión conductual, la discusión entre compañeros funcionó como una práctica de contraste y reconstrucción de significados. Los estudiantes no solo reportaron haber participado, sino que señalaron que la interacción les permitió identificar errores, comparar resultados y ampliar perspectivas. Esto coincide con la comprensión del compromiso en educación superior como una interacción situada y con estudios que destacan el papel de las actividades y relaciones pedagógicas para sostenerlo (Heilporn et al., 2021; Trowler et al., 2022).

En la dimensión emocional, la confusión y la frustración inicial no deben interpretarse únicamente como obstáculos. En esta experiencia, dichas emociones se asociaron con el choque entre una enseñanza tradicional basada en fórmulas y una propuesta que exigía construir conclusiones. Cuando los estudiantes lograron identificar el propósito de las actividades, la dificultad se transformó en interés y confianza. Este resultado se relaciona con la teoría de control-valor y con evidencia reciente sobre la relación entre emociones de logro, autorregulación y desempeño (Camacho-Morles et al., 2021; Pekrun, 2006).

La principal implicación didáctica es que las actividades sobre razón de cambio instantánea deben diseñarse para articular exploración, representación, discusión y formalización. Desde el enfoque de este artículo, no basta con que la tarea permita

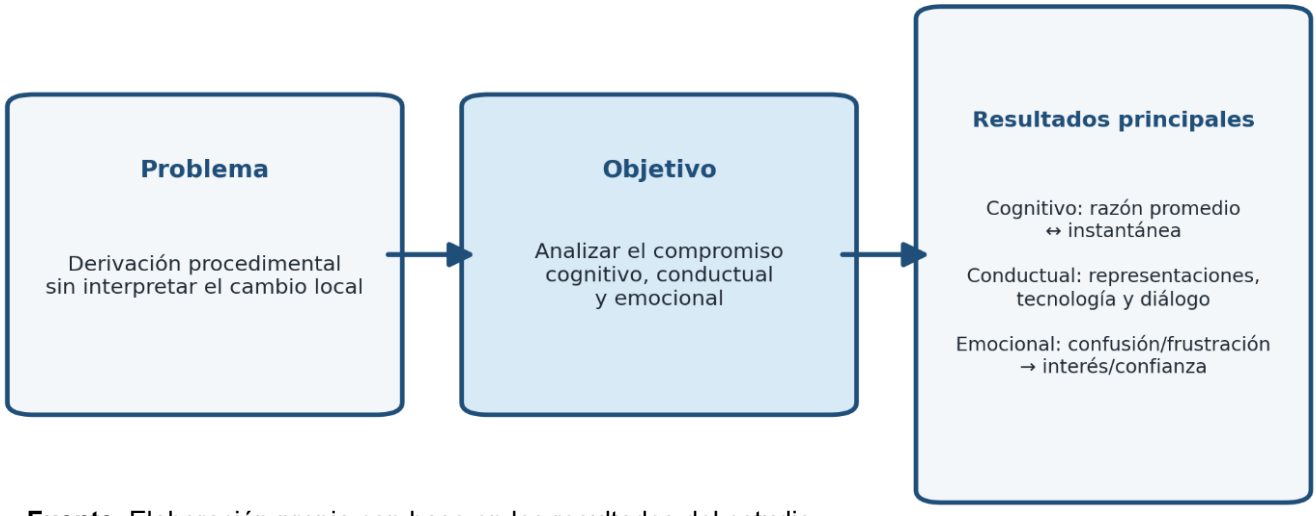
aproximar el cambio en un punto; también debe generar condiciones de participación, interacción y acompañamiento emocional. Resulta pertinente iniciar con situaciones comprensibles, promover el trabajo con datos y gráficas, abrir espacios de discusión y cerrar con una formalización explícita que ayude a los estudiantes a reconocer el sentido de lo realizado.

Conclusiones

Esta investigación analizó las manifestaciones de compromiso cognitivo, conductual y emocional de cuatro estudiantes universitarios durante una experiencia didáctica orientada al aprendizaje de la razón de cambio instantánea en cálculo diferencial. El problema estudiado se centró en comprender cómo los estudiantes se involucran cuando participan en tareas que buscan superar una visión exclusivamente procedimental de la derivada y promover la interpretación del cambio en un punto.

Los resultados sugieren que el compromiso cognitivo se expresó en la distinción entre razón de cambio promedio e instantánea, en la interpretación de la reducción de intervalos como aproximación al cambio en un punto y en la relación entre pendiente, razón de cambio y derivada. El compromiso conductual se manifestó en la participación activa en tablas, gráficas, GeoGebra, Excel y discusiones. El compromiso emocional se evidenció en una trayectoria que inició con confusión, frustración e inseguridad, pero avanzó hacia curiosidad, interés y confianza progresiva. La figura 2 resume la relación entre el problema, el objetivo y los resultados principales del estudio.

Figura 2. Síntesis del problema, el objetivo y los resultados principales.



Fuente. Elaboración propia con base en los resultados del estudio.

El estudio permite afirmar, con cautela, que la razón de cambio instantánea puede ser abordada como una experiencia de aprendizaje integral en la que los estudiantes piensan, actúan y se posicionan afectivamente frente a la actividad matemática. La experiencia analizada ofreció condiciones para que los participantes revisaran ideas previas, exploraran representaciones múltiples y construyeran explicaciones con apoyo de tecnología y discusión colectiva.

Entre las limitaciones se reconoce el tamaño reducido de la muestra, integrada por cuatro estudiantes, por lo que los resultados no buscan generalización estadística. También se reconoce el carácter retrospectivo de las entrevistas, especialmente en la dimensión emocional, ya que las emociones fueron recuperadas después de la experiencia y no mediante observación directa en tiempo real. Además, al tratarse de una experiencia breve y de un corpus derivado de un proyecto más amplio, los hallazgos deben entenderse como una lectura analítica específica sobre compromiso estudiantil, no como una evaluación integral de aprendizaje ni como una validación de la secuencia didáctica.

Futuras investigaciones podrían ampliar el número de participantes, incorporar instrumentos específicos para registrar emociones durante la actividad, comparar grupos con distintas trayectorias de aprendizaje y analizar el compromiso estudiantil en otros conceptos del cálculo, como límite, continuidad, derivada como función e integral. También sería pertinente estudiar con mayor profundidad cómo la discusión colectiva y el uso de tecnología contribuyen a sostener el compromiso cuando las tareas generan incertidumbre inicial.

Declaración de uso de IA

Nombre de la/s herramienta/s de IA utilizadas.

Se utilizaron ChatGPT, versión web de OpenAI (no se conservó el identificador del modelo; última consulta: 4 de agosto de 2026), y TurboScribe, versión web (sin número de compilación público; última consulta: 4 de agosto de 2026).

Descripción de uso de herramientas de IA

En la Introducción y el referente teórico, ChatGPT apoyó la organización argumentativa y la revisión de claridad; las fuentes fueron seleccionadas y verificadas por los autores. En el Método, TurboScribe generó borradores de las transcripciones de audio, que se cotejaron manualmente, y ChatGPT apoyó la revisión de coherencia de la descripción metodológica. En Resultados y Discusión, ChatGPT se empleó únicamente para ordenar la exposición y revisar consistencia textual; la codificación, la selección de evidencias y la interpretación fueron realizadas por los autores. En las Conclusiones, apoyó la condensación de la síntesis; las figuras se elaboraron a partir de resultados verificados. En el resumen, el abstract, las palabras clave y las referencias, se utilizó para control de extensión, traducción, correspondencia terminológica y formato. Todas las decisiones analíticas, la revisión final y la responsabilidad sobre el contenido corresponden a los autores.

Referencias

Borji, V., Martínez-Planell, R., & Trigueros, M. (2024). Students' geometric understanding of partial derivatives and the locally linear approach. *Educational Studies in Mathematics, 115*, 69–91. https://doi.org/10.1007/s10649-023-10242-z

Braun, V., & Clarke, V. (2022). Conceptual and design thinking for thematic analysis. *Qualitative Psychology, 9*(1), 3–26. https://doi.org/10.1037/qup0000196

Braun, V., & Clarke, V. (2023). Toward good practice in thematic analysis: Avoiding common problems and be(com)ing a knowing researcher. *International Journal of Transgender Health, 24*(1), 1–6. https://doi.org/10.1080/26895269.2022.2129597

Camacho-Morles, J., Slemp, G. R., Pekrun, R., Loderer, K., Hou, H., & Oades, L. G. (2021). Activity achievement emotions and academic performance: A meta-analysis. *Educational Psychology Review, 33*(3), 1051–1095. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09585-3

Feudel, F., & Biehler, R. (2022). Students' understanding of the economic interpretation of the derivative in the context of marginal cost. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education, 8*, 437–468. https://doi.org/10.1007/s40753-021-00144-x

Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research, 74*(1), 59–109. https://doi.org/10.3102/00346543074001059

Gavilán-Izquierdo, J. M., García, M., & Martín-Molina, V. (2021). Characterizing the role of technology in mathematics teachers' practices when teaching about the derivative. *Computers in the Schools, 38*(1), 36–56. https://doi.org/10.1080/07380569.2021.1882211

Greefrath, G., Oldenburg, R., Siller, H.-S., Ulm, V., & Weigand, H.-G. (2023). Mathematics students' characteristics of basic mental models of the derivative. *Journal für Mathematik-Didaktik, 44*, 143–169. https://doi.org/10.1007/s13138-022-00207-9

Heilporn, G., Lakhal, S., & Bélisle, M. (2021). An examination of teachers' strategies to foster student engagement in blended learning in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 18*, Article 25. https://doi.org/10.1186/s41239-021-00260-3

Hitt, F., & Dufour, S. (2021). Introduction to calculus through an open-ended task in the context of speed: Representations and actions by students in action. *ZDM–Mathematics Education, 53*(3), 635–647. https://doi.org/10.1007/s11858-021-01258-x

Hong, D. S., & Lee, J. K. (2024). Contrasting cases of college calculus instructors: Their preferences and potential pedagogy in teaching derivative graphs. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 55*(9), 2087–2106. https://doi.org/10.1080/0020739X.2022.2120838

Islas, L. (2025). Métodos de investigación. *Logos Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 2, 12*(23), 23–25. https://doi.org/10.29057/prepa2.v12i23.14039

Jones, J. A., & Donmoyer, R. (2021). Improving the trustworthiness/validity of interview data in qualitative nonprofit sector research: The formative influences timeline. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly, 50*(4), 889–904. https://doi.org/10.1177/0899764020977657

Mkhatshwa, T. P. (2023). A quantitative and covariational reasoning investigation of students' interpretations of partial derivatives in different contexts. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 54*(4), 511–533. https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1958941

Mkhatshwa, T. P. (2024). Quantitative and covariational reasoning opportunities provided by calculus textbooks: The case of the derivative. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 55*(9), 2191–2218. https://doi.org/10.1080/0020739X.2022.2129497

Muñoz, Y., Castillo, I., & Rivera, M. I. (2025). Método de investigación cualitativo. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún, 12*(23), 125–127. https://doi.org/10.29057/escs.v12i23.13781

Nkomo, L. M., Daniel, B. K., & Butson, R. J. (2021). Synthesis of student engagement with digital technologies: A systematic review of the literature. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 18*, Article 34. https://link.springer.com/article/10.1186/s41239-021-00270-1

OpenAI. (2026). *ChatGPT* [Aplicación web; no se conservó el identificador del modelo]. Consultado el 4 de agosto de 2026, en https://chatgpt.com/

Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review, 18*(4), 315–341. https://doi.org/10.1007/s10648-006-9029-9

Trowler, V., Allan, R. L., Bryk, J., & Din, R. R. (2022). Pathways to student engagement: Beyond triggers and mechanisms at the engagement interface. *Higher Education, 84*, 761–777. https://doi.org/10.1007/s10734-021-00798-1

TurboScribe. (2026). *TurboScribe* [Aplicación web; sin número de compilación público]. Consultado el 4 de agosto de 2026, en https://turboscribe.ai/

Wong, Z. Y., & Liem, G. A. D. (2022). Student engagement: Current state of the construct, conceptual refinement, and future research directions. *Educational Psychology Review, 34*, 107–138. https://doi.org/10.1007/s10648-021-09628-3

Zandieh, M. (2000). A theoretical framework for analyzing student understanding of the concept of derivative. *CBMS Issues in Mathematics Education, 8*, 103–127.

Universidad Tecnocientífica del Pacífico S.C.
Transformando con Ciencias
RENIECYT
Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas
Registro: 1701267

Certificado de revisión doble ciego

La Editorial UTP, con Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas, por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México; **indexada en catálogos de calidad internacional.** Que, teniendo como **base fundamental el desarrollo del potencial humano,** es líder en el desarrollo y divulgación de producción científica, tecnológica y educativa con altos estándares de calidad en contextos locales, nacionales e internacionales, a través de publicaciones de artículos en revistas, libros, capítulos de libros, recursos educativos, conferencias y congresos.

CERTIFICA

Que el artículo titulado **"Compromiso estudiantil durante una experiencia didáctica sobre razón de cambio instantánea en cálculo diferencial"** presentado por los autores *Gelin del Carmen Meléndrez González, María Inés Ortega Arcega, Francisco Javier Jara Ulloa, Miguel Ángel López Santana y María Teresa Casillas Alcalá* ha sido sometido a un exhaustivo proceso de revisión doble ciego realizado por pares académicos externos, a través de criterios establecidos para investigaciones de alta calidad,, siendo dictaminado como producto de investigación científica, tecnológica y/o educativa de alta calidad. Su publicación de acceso abierto está disponible en la biblioteca virtual de la revista EDUCATECONCIENCIA, Vol. 34 Núm. 2 (2026): Educación inclusiva.

Se extiende el presente certificado a los 17 días del mes de agosto de 2026.

Transformando con Ciencias
Tepic, Nayarit; México

Dra. Ana Luisa Estrada Esquivel
Directora de la Editoial UTP
Universidad Tecnocientífica del Pacífico

César Alejandro González Guzmán
Coordinador de la Editorial UTP
Universidad Tecnocientífica del Pacífico