Diagnóstico del pensamiento variacional y el uso de recursos educativos inteligentes en el Cálculo Diferencial

Diagnosis on variational thinking and the use of intelligent educational resources in Differential Calculus

Ana Mercedes Báez[1]

Heidy María Gómez[2]

Olga Lidia Pérez González[3]

Resumen

El presente estudio, de carácter exploratorio y descriptivo, tiene como objetivo argumentar los resultados de un diagnóstico sobre el desarrollo del pensamiento variacional y el uso de Recursos Educativos Inteligentes en el Cálculo Diferencial en universidades dominicanas. La investigación se deriva del proyecto FONDOCYT 2024-2-1D3-0812 y adopta un enfoque mixto con diseño no experimental. Participaron 30 docentes y 100 estudiantes de universidades públicas y privadas, seleccionados mediante muestreo no probabilístico. Los instrumentos incluyeron una prueba diagnóstica de Cálculo Diferencial, cuestionarios sobre uso de tecnologías y una guía de observación de clases. Los resultados de la prueba diagnóstica evidencian un desempeño homogéneamente bajo en los tres niveles evaluados del pensamiento variacional, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos, aunque la potencia estadística limitada aconseja

[1] Ingeniera Industrial. Doctora en Ciencias Pedagógicas. Departamento de Matemática. Universidad Autónoma de Santo Domingo. República Dominicana. E-mail: abaez23@uasd.edu.do. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7472-0471

[2] Licenciada en Educación con mención en Matemáticas. Máster en Matemática para Educadores. Departamento de Matemática. Universidad Autónoma de Santo Domingo. República Dominicana. E-mail: hgomez57@uasd.edu.do. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3104-6234

[3] Licenciada en Educación, especialidad Matemática. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Centro de Estudios de Ciencias de la Educación Enrique José Varona. Universidad de Camagüey. Cuba. E-mail: olguitapg@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4475-814X

Fecha de recepción: 22/07/2026 Fecha de aceptación: 27/08/2026

Creative Commons Atribución 4.0

interpretar este resultado con cautela. Se identificó un uso moderado de inteligencias artificiales generales y una incorporación limitada de herramientas especializadas en matemáticas, sin diferencias significativas entre docentes y estudiantes. Las observaciones de aula revelaron que en la mayoría de las clases predominó un enfoque procedimental, evidenciando una brecha entre las concepciones declaradas y las prácticas efectivas. Estos hallazgos sugieren la necesidad de integrar de manera articulada el pensamiento variacional y los recursos tecnológicos en la formación docente y el diseño de experiencias de aprendizaje. Las limitaciones muestrales y de confiabilidad de los instrumentos aconsejan interpretar estos resultados como tendencias preliminares.

Palabras clave: Pensamiento variacional; Recursos Educativos Inteligentes; Cálculo Diferencial; Inteligencia Artificial; Educación matemática.

Abstract

This exploratory and descriptive study aims to present the results of a diagnosis on the development of variational thinking and the use of Intelligent Educational Resources in Differential Calculus at Dominican universities. The research derives from the FONDOCYT 2024-2-1D3-0812 project and adopts a mixed-methods approach with a non-experimental design. Thirty teachers and 100 students from public and private universities participated, selected through non-probabilistic sampling. Instruments included a Differential Calculus diagnostic test, technology use questionnaires, and a classroom observation guide. Diagnostic test results show a homogeneously low performance across the three assessed levels of variational thinking, with no statistically significant differences among them, although limited statistical power advises interpreting this result with caution. A moderate use of general artificial intelligence tools and limited incorporation of specialized mathematical tools were identified, with no significant differences between teachers and students. Classroom observations revealed that a procedural

approach predominated in most classes, evidencing a gap between declared conceptions and actual practices. These findings suggest the need for an articulated integration of variational thinking and technological resources in teacher education and the design of learning experiences. Sampling limitations and instrument reliability issues suggest interpreting these results as preliminary trends.

Keywords: Variational Thinking; Intelligent Educational Resources; Differential Calculus; Artificial Intelligence; Mathematics Education.

Introducción

El aprendizaje del Cálculo Diferencial constituye uno de los desafíos más persistentes en la educación matemática universitaria, no solo por la complejidad intrínseca de conceptos como variación, límite y derivada, sino también por prácticas de enseñanza que, con frecuencia, privilegian la ejercitación algorítmica sobre la comprensión conceptual. Esta situación ha sido documentada ampliamente en la literatura especializada, donde se advierte que la enseñanza tradicional del Cálculo, centrada en reglas de derivación y procedimientos mecánicos, limita la capacidad de los estudiantes para comprender el significado profundo de los conceptos y transferirlos a situaciones novedosas (Artigue, 2023; Rico, 2024). En este contexto, el pensamiento variacional emerge como una perspectiva didáctica que permite abordar el Cálculo Diferencial desde una mirada centrada en el análisis de la variación y el cambio, más que en la simple ejecución de algoritmos.

El pensamiento variacional se define como una forma de razonamiento matemático que permite reconocer fenómenos de cambio, modelar situaciones variables, generalizar patrones y expresar relaciones entre magnitudes mediante distintos sistemas de representación (Vasco, 2002, 2003; Caballero y Cantoral, 2013). No constituye un contenido temático adicional dentro del currículo, sino una dimensión transversal que atraviesa todos los niveles educativos y que se

manifiesta cuando los estudiantes logran establecer relaciones entre cantidades que cambian, anticipar comportamientos de fenómenos variables y expresar dichas relaciones mediante representaciones tabulares, gráficas, algebraicas y verbales. Desde esta perspectiva, aprender Cálculo Diferencial implica comprender cómo varían las cantidades, cómo se relacionan las variables y qué significado adquieren los cambios en contextos específicos, trascendiendo la mera aplicación de fórmulas.

Para efectos de este estudio, el pensamiento variacional fue operacionalizado en tres niveles progresivos fundamentados en la literatura especializada. El nivel base corresponde al reconocimiento de la variación, donde el estudiante identifica magnitudes que cambian en situaciones cotidianas y reconoce la presencia de procesos de cambio, aunque no establece relaciones formales entre variables. El nivel de instrumentalización implica la modelación de la variación, donde el estudiante establece relaciones funcionales, construye tablas de valores, representa gráficamente procesos de cambio y utiliza el lenguaje algebraico para expresar relaciones entre variables.

El nivel de autonomía supone el uso flexible del lenguaje variacional, donde el estudiante deduce formalmente conceptos como la derivada, interpreta su significado en contextos diversos y resuelve problemas no rutinarios que demandan razonamiento independiente y validación de soluciones. Esta progresión ha sido documentada en investigaciones previas sobre el desarrollo del pensamiento variacional (Caballero y Cantoral, 2013; Mariño et al., 2021) y proporciona un marco para caracterizar los desempeños de los estudiantes en tareas de Cálculo Diferencial.

De manera complementaria, la Inteligencia Artificial y los Recursos Educativos Inteligentes han adquirido una presencia creciente en la educación superior, ofreciendo posibilidades para personalizar experiencias formativas, proporcionar retroalimentación inmediata

y generar entornos interactivos de aprendizaje (Aparicio, 2023; Ouyang & Jiao, 2021). Sin embargo, la integración efectiva de estas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas demanda transformaciones pedagógicas profundas que trasciendan la mera adopción instrumental (Panqueban y Huincahue, 2024; Haspekian et al., 2024). En este estudio, se clasificaron las tecnologías utilizadas en tres categorías: inteligencias artificiales generales, que son sistemas de propósito general con aplicaciones potenciales en educación como ChatGPT, Claude o Gemini; inteligencias artificiales aplicadas a Matemática, que son sistemas especializados en procesamiento matemático como Wolfram Alpha, Symbolab o Photomath; y herramientas digitales matemáticas sin inteligencia artificial, que son asistentes matemáticos convencionales como GeoGebra, Desmos o MATLAB que facilitan la visualización dinámica y el análisis gráfico sin incorporar algoritmos de inteligencia artificial.

En el contexto dominicano, la investigación sobre pensamiento variacional y tecnologías inteligentes en educación matemática universitaria es incipiente. El proyecto FONDOCYT 2024-2-1D3-0812, titulado: Aportes teóricos-prácticos-tecnológicos a la didáctica del pensamiento variacional con el uso de recursos educativos inteligentes en el Cálculo Diferencial y su efecto en el desempeño autónomo de estudiantes universitarios dominicanos en la solución de problemas matemáticos, (MESCyT, 2025), constituye una iniciativa pionera orientada a generar evidencia empírica que sustente el diseño de intervenciones didácticas fundamentadas.

Báez y Gómez, (2025) han documentado dificultades específicas en docentes dominicanos para el diseño de tareas que promuevan el desarrollo del pensamiento variacional, sugiriendo la necesidad de fortalecer la formación didáctica en esta área. Estos antecedentes evidencian la pertinencia de realizar un diagnóstico que caracterice el estado actual del pensamiento variacional y del uso de tecnologías en el Cálculo Diferencial universitario dominicano, como insumo para

orientar las decisiones curriculares y formativas que demanda la integración efectiva de ambos componentes.

El presente diagnóstico se inscribe en esta línea de investigación y se orientó por tres preguntas fundamentales. En primer lugar, se buscó determinar qué nivel de desarrollo del pensamiento variacional evidencian los estudiantes universitarios dominicanos en el Cálculo Diferencial, considerando los niveles base, instrumentalización y autonomía. En segundo lugar, se indagó con qué frecuencia utilizan docentes y estudiantes inteligencias artificiales generales, inteligencias artificiales aplicadas a Matemática y herramientas digitales matemáticas sin inteligencia artificial.

En tercer lugar, se examinó qué correspondencias y divergencias existen entre las concepciones declaradas por docentes y estudiantes sobre el tratamiento del pensamiento variacional y lo observado en las prácticas de aula. El estudio tuvo un carácter exploratorio y descriptivo, reconociendo que la evidencia generada constituiría un punto de partida para intervenciones futuras más que una caracterización definitiva de la problemática. En consecuencia, el presente artículo tiene como objetivo argumentar los resultados de un diagnóstico sobre el desarrollo del pensamiento variacional y el uso de Recursos Educativos Inteligentes en el Cálculo Diferencial en República Dominicana.

Desarrollo

Metodología seguida en el estudio

La investigación adoptó un enfoque mixto con diseño de triangulación concurrente, integrando datos cuantitativos y cualitativos recogidos de manera paralela y contrastados durante la fase de interpretación (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2020; Cohen et al., 2018). El diseño fue no experimental, con alcance descriptivo y exploratorio, orientado a caracterizar el estado

actual del pensamiento variacional y del uso de tecnologías inteligentes en el Cálculo Diferencial sin manipular variables ni aplicar intervenciones didácticas.

La muestra estuvo conformada por 30 docentes y 100 estudiantes de seis universidades dominicanas, tres públicas y tres privadas, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Los criterios de inclusión para docentes fueron impartir Cálculo Diferencial en el período académico del estudio y contar con al menos un año de experiencia docente en la asignatura. Para estudiantes, los criterios fueron estar cursando Cálculo Diferencial al momento del estudio y haber asistido regularmente a clases. En la Tabla 1 se presentan las características de los participantes.

Tabla 1

Características generales de los sujetos de investigación

Características generales	Docentes (n=30)		Estudiantes (n=100)	
	cantidad	%	cantidad	%
Universidades públicas	16	53,3	55	55,0
Universidades privadas	14	46,7	45	45,0
Género masculino	14	46,7	52	52,0
Género femenino	16	53,3	48	48,0
Experiencia docente (en años)	M = 8,4; DE = 5,2			
Edad (años)	M = 38,6; DE = 7,8		M = 19,8; DE = 2,1	

Nota. M = media; DE = desviación estándar.

Para la recolección de datos se utilizaron tres instrumentos. La prueba diagnóstica de Cálculo Diferencial estuvo compuesta por 15 ítems de respuesta abierta, distribuidos en tres secciones correspondientes a los niveles del pensamiento variacional. El nivel base incluyó cinco ítems que requerían identificar magnitudes variables en situaciones cotidianas, como por ejemplo: En el llenado de un tanque de agua, identifique tres magnitudes que cambian y describa cómo

varían. El nivel de instrumentalización incluyó cinco ítems que exigían establecer relaciones funcionales y construir representaciones, como por ejemplo: Dada la función $f(x) = x^2$, construya una tabla de valores para $x \in \{-2, -1, 0, 1, 2\}$ y represente gráficamente la relación. Identifique los intervalos donde la función crece o decrece. El nivel de autonomía comprendió cinco ítems que demandaban deducción formal, interpretación y resolución de problemas no rutinarios, como por ejemplo: Utilizando la definición de límite, deduzca la derivada de $f(x) = x^2$. Interprete geométricamente el resultado y explique su significado como tasa de cambio.

Cada ítem fue calificado en una escala de 0 a 4 puntos, donde 0 correspondía a ausencia de respuesta o respuesta incorrecta, 1 a respuesta parcial con errores conceptuales, 2 a respuesta parcial con errores procedimentales, 3 a respuesta correcta con justificación incompleta, y 4 a respuesta correcta y completa. El puntaje máximo por nivel fue de 20 puntos, y los puntajes fueron convertidos a porcentajes para su interpretación. Los puntos de corte se establecieron con base en criterios institucionales de evaluación del aprendizaje en el contexto dominicano, donde el 60% constituye el mínimo aprobatorio. Así, se definieron las categorías deficiente (0-59 %), básico (60-74 %), aceptable (75-89 %) y satisfactorio (90-100 %).

Los cuestionarios de uso de tecnologías se diseñaron en dos versiones paralelas para docentes y estudiantes, con 15 ítems de escala Likert de cuatro puntos (1 = nunca; 2 = baja frecuencia; 3 = media frecuencia; 4 = alta frecuencia). Los ítems indagaron sobre la frecuencia de uso de inteligencias artificiales generales, inteligencias artificiales aplicadas a Matemática y herramientas digitales matemáticas sin inteligencia artificial en actividades relacionadas con el Cálculo Diferencial. La guía de observación de clases fue un instrumento semiestructurado para registrar tres dimensiones: el énfasis de las clases, distinguiendo entre enfoque procedimental y enfoque conceptual; el significado atribuido a la derivada, distinguiendo entre visión algorítmica

y visión variacional; y el uso de representaciones matemáticas, registrando la presencia de representaciones algebraicas, gráficas, tabulares y verbales.

Los instrumentos fueron sometidos a validación de contenido mediante juicio de cinco expertos en Matemática Educativa, quienes evaluaron la pertinencia, claridad y relevancia de los ítems, realizándose ajustes con base en sus recomendaciones. La confiabilidad de la prueba diagnóstica se calculó mediante el Alfa de Cronbach, obteniéndose valores de 0,68 para el nivel base, 0,71 para el nivel de instrumentalización, 0,73 para el nivel de autonomía y 0,79 para la prueba completa. Los valores de las subescalas se sitúan en un rango que oscila entre cuestionable y aceptable para instrumentos de investigación exploratoria (George & Mallery, 2022). Específicamente, el nivel base presenta una confiabilidad marginal (α = 0,68) que debe considerarse como una limitación al interpretar las diferencias entre niveles. La confiabilidad de los cuestionarios de uso de tecnologías fue de 0,72 para docentes y 0,74 para estudiantes, valores considerados aceptables para investigación exploratoria.

La recolección de datos se realizó durante el período académico enero-junio de 2026. La prueba diagnóstica fue aplicada a los estudiantes en sesiones de 90 minutos en condiciones supervisadas. Los cuestionarios fueron administrados en formato digital. Se observaron 12 clases de Cálculo Diferencial, 6 en universidades públicas y 6 en privadas, con una duración de 90 minutos cada una, registrando notas de campo estructuradas según la guía de observación.

Para la prueba diagnóstica, se calcularon medidas de tendencia central y dispersión. Se aplicó un ANOVA de medidas repetidas con un nivel de significación de $\alpha = 0,05$ para determinar si las diferencias entre niveles eran estadísticamente significativas. Previamente, se verificó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk para las diferencias entre los pares de niveles, obteniéndose valores no significativos que respaldan la adecuación del procedimiento

paramétrico. Se calculó el tamaño del efecto mediante *eta cuadrado parcial* (η^2p), interpretado según los criterios de Cohen (1988): 0,01 = pequeño; 0,06 = mediano; 0,14 = grande. Se realizó un análisis de potencia a posteriori utilizando el programa G*Power 3.1 (Faul et al., 2007), considerando $n = 100$, $\alpha = 0,05$ y el efecto observado.

Para los cuestionarios, se analizaron las frecuencias de uso en cuatro categorías y se aplicó la prueba chi-cuadrado de independencia con $\alpha = 0,05$ para comparar docentes y estudiantes. Previamente, se verificó el supuesto de frecuencias esperadas mínimas. En los casos donde dicho supuesto no se cumplió, se aplicó la prueba exacta de Fisher como alternativa robusta.

Los datos cualitativos de las observaciones fueron analizados mediante análisis de contenido temático (Cohen et al., 2018), con codificación independiente por tres investigadores. El acuerdo intercodificador se calculó mediante el índice Kappa de Cohen ($\kappa = 0,78$), considerado sustancial (Landis & Koch, 1977). Las discrepancias se resolvieron mediante consenso. El estudio se realizó conforme a los principios de la Declaración de Helsinki. Se obtuvo consentimiento informado por escrito de todos los participantes, garantizando el anonimato y la confidencialidad de los datos. El proyecto fue aprobado por el comité de ética de la institución coordinadora.

Resultados del estudio diagnóstico

Los resultados del estudio se presentan en cuatro bloques organizados según la lógica de las preguntas de investigación. Es decir, en primer lugar, se reportan los resultados de la prueba diagnóstica de Cálculo Diferencial, que permitió caracterizar el nivel de desarrollo del pensamiento variacional de los estudiantes en los niveles base, instrumentalización y autonomía (ver Tabla 2). En segundo lugar, se analizaron las frecuencias de uso de inteligencias artificiales generales, inteligencias artificiales aplicadas a Matemática y herramientas digitales sin inteligencia artificial, tanto en docentes como en estudiantes. En tercer lugar, se presentan los resultados del

análisis cualitativo de la observación de clases, que permitió contrastar las percepciones declaradas con las prácticas efectivas de aula. Finalmente, se ofrece una síntesis integradora que articula los hallazgos cuantitativos y cualitativos.

Tabla 2

Resultados según niveles de desempeño en la prueba diagnóstica de Cálculo Diferencial

Nivel de desempeño	Media (%)	DE	Mínimo	Máximo	Interpretación
Base	52,3	12,4	28,0	76,0	Deficiente
Instrumentalización	49,1	13,7	22,0	74,0	Deficiente
Autonomía	47,3	14,2	18,0	71,0	Deficiente

Nota. DE = desviación estándar. $N = 100$. Escala de interpretación: 0–59 % = deficiente; 60–74 % = básico; 75–89 % = aceptable; 90–100 % = satisfactorio.

Los datos evidencian que los estudiantes se ubicaron en un nivel deficiente en los tres niveles evaluados, con medias que oscilaron entre 47,3 % en el nivel de autonomía y 52,3 % en el nivel base. La argumentación de este hallazgo se sustenta en el análisis inferencial realizado. El ANOVA de medidas repetidas no reveló diferencias estadísticamente significativas entre los niveles, $F(2, 198) = 2{,}34$, $p = 0{,}099$, $\eta^2p = 0{,}023$.

El tamaño del efecto observado corresponde a una magnitud pequeña según los criterios de Cohen (1988), lo que sugiere que las diferencias entre niveles son prácticamente irrelevantes desde un punto de vista práctico. Sin embargo, el análisis de potencia a posteriori reveló que, con $n = 100$, $\alpha = 0{,}05$ y el efecto observado ($\eta^2p = 0{,}023$), la potencia estadística fue de 0,48. Este valor indicó una probabilidad moderada de no detectar diferencias reales entre los niveles si estas existieran, por lo que la ausencia de significación estadística debe interpretarse con cautela y no como evidencia concluyente de homogeneidad absoluta.

La argumentación científica de este hallazgo se fundamenta en la interpretación teórica de los resultados. La distribución homogénea de los desempeños deficientes en los tres niveles sugiere que las dificultades identificadas no constituyen un fenómeno aislado ni atribuible exclusivamente a la complejidad intrínseca de los contenidos de mayor abstracción, como la deducción formal de la derivada. Por el contrario, la evidencia indica que las limitaciones se manifiestan desde las tareas más elementales de reconocimiento de la variación, lo que apunta hacia la existencia de factores estructurales en los procesos formativos previos y actuales de los estudiantes.

Esta interpretación resultó consistente con los planteamientos de Rico (2024), quien argumenta que la enseñanza tradicional del Cálculo Diferencial, centrada en la mecanización de procedimientos, puede obstaculizar incluso las comprensiones más básicas de la variación y el cambio. La convergencia entre la evidencia empírica obtenida y los referentes teóricos consultados fortalece la validez de esta interpretación.

En relación con el uso de las inteligencias artificiales generales, los resultados mostraron que tanto en estudiantes como en docentes predominó el uso medio de estas herramientas. La Tabla 3 presenta la distribución de frecuencias.

Tabla 3

Frecuencia de uso de inteligencias artificiales generales

Frecuencia de uso	Estudiantes		Docentes	
	cantidad	%	cantidad	%
Alta	15	15,0	3	10
Media	45	45,0	12	40
Baja	29	29,0	10	33,3
Nunca	11	11,0	5	16,7
Total	100	100,0	30	100,0

La prueba chi-cuadrado de independencia no reveló diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, $\chi^2(3, N = 130) = 1{,}29$, $p = 0{,}731$, V de Cramer = 0,10. La argumentación de este resultado se sustentó en el análisis de las frecuencias observadas. El patrón de uso de inteligencias artificiales generales es similar entre estudiantes y docentes, con una tendencia compartida hacia una incorporación moderada de estas herramientas, concentrada en las categorías de frecuencia media y baja. Este hallazgo sugiere que la adopción de estas tecnologías no está mediada por el rol académico, sino que constituye un fenómeno institucional compartido que refleja una etapa inicial de integración tecnológica en el contexto universitario dominicano.

En cuanto a las inteligencias artificiales aplicadas a Matemática, los resultados mostraron una baja incorporación de estas herramientas. La Tabla 4 evidencia que predominó el no uso de estas herramientas para aplicaciones en Matemática.

Tabla 4

Frecuencia de uso de inteligencias artificiales aplicadas a Matemática

Frecuencia de uso	Estudiantes		Docentes	
	cantidad	%	cantidad	%
Alta	2	2,0	1	3,3
Media	10	10,0	4	13,3
Baja	11	11,0	5	16,7
Nunca	77	77,0	20	66,7
Total	100	100,0	30	100,0

Debido a que las frecuencias esperadas en algunas celdas fueron inferiores a cinco, se aplicó la prueba exacta de Fisher, que no reveló diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, $p = 0{,}719$. La argumentación de este resultado se fundamentó en la interpretación de la distribución de frecuencias. La categoría predominante fue "nunca" en ambos grupos, lo que

evidenció que, aunque existen herramientas inteligentes especializadas para el trabajo matemático, su integración en la enseñanza y el aprendizaje del Cálculo Diferencial todavía es mínima. Este hallazgo resultó particularmente significativo porque contrasta con la tendencia observada en las inteligencias artificiales generales, sugiriendo que la adopción tecnológica se orienta hacia herramientas de propósito general más accesibles, mientras que las herramientas especializadas enfrentan barreras adicionales relacionadas con la formación específica requerida para su aprovechamiento pedagógico.

También se analizó el uso de herramientas digitales matemáticas sin inteligencia artificial. De manera análoga, la Tabla 5 muestra que los resultados evidenciaron una presencia limitada de este tipo de asistente matemático en ambos grupos.

Tabla 5

Frecuencia de uso de herramientas digitales de Matemática sin inteligencia artificial

Frecuencia de uso	Estudiantes		Docentes	
	cantidad	%	cantidad	%
Alta	3	3,0	2	6,7
Media	20	20,0	8	26,7
Baja	30	30,0	9	30,0
Nunca	47	47,0	11	36,7
Total	100	100,0	30	100,0

La prueba chi-cuadrado de independencia no reveló diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, $\chi^2(3, N = 130) = 1{,}84$, $p = 0{,}607$, V de Cramer = 0,12. La argumentación de este resultado se sustentó en la comparación con los hallazgos previos. La persistencia de un uso limitado de estas herramientas, incluso en su versión sin inteligencia artificial, sugiere que la barrera principal no es de naturaleza tecnológica, sino didáctica.

Si los docentes y estudiantes no incorporan herramientas como GeoGebra o Desmos, que no requieren conocimientos avanzados de inteligencia artificial, es razonable argumentar que el problema radica en la formación para la integración pedagógica de recursos digitales, más que en la disponibilidad o complejidad de las herramientas. Esta interpretación resulta consistente con los planteamientos de Artigue (2023) y Haspekian et al. (2024), quienes argumentan que la mera disponibilidad de recursos no garantiza su integración efectiva en las prácticas de enseñanza.

El análisis temático de las 12 observaciones de clase permitió identificar tres categorías centrales: el énfasis de las clases, el significado atribuido a la derivada y el uso de representaciones matemáticas. En relación con el énfasis de las clases, se observó que en 10 de las 12 clases predominó un enfoque procedimental, caracterizado por la presentación de reglas de derivación seguidas de ejercicios de aplicación mecánica. Las siguientes notas de campo ilustran esta tendencia:

- La docente presentó la regla de la potencia y resolvió cinco ejemplos en la pizarra. Los estudiantes copiaron los procedimientos sin formular preguntas conceptuales. No se discutió qué significa geométricamente la derivada ni por qué la regla funciona. (Observación 3, universidad pública).

- Se dedicaron 40 minutos a practicar derivadas de funciones polinómicas. El énfasis estuvo en obtener la respuesta correcta, no en interpretar el significado de la tasa de cambio. (Observación 7, universidad privada).

En contraste, en 2 de las 12 clases se identificaron intentos de abordar la variación desde una perspectiva conceptual, aunque estos intentos fueron aislados y no se desarrollaron de manera sistemática:

- El profesor preguntó: ¿Qué cambia cuando x aumenta una unidad? Los estudiantes mostraron dificultades para responder. El profesor retomó la explicación algebraica, sin profundizar en la idea de variación. (Observación 9, universidad pública).

- La profesora inició la clase mostrando una animación en GeoGebra de una función cuadrática y preguntó cómo variaba la pendiente de la recta tangente. Algunos estudiantes participaron, pero la discusión se limitó a observaciones superficiales y pronto se pasó a la práctica de derivadas. (Observación 4, universidad privada).

En cuanto al significado atribuido a la derivada, esta fue trabajada predominantemente como un algoritmo de cálculo. Aunque en algunos momentos se mencionó su interpretación como tasa de cambio, esta conexión no se desarrolló de manera sistemática:

- Al final de la clase, la docente mencionó: La derivada es una tasa de cambio, pero no se exploró esta idea con ejemplos concretos ni se vinculó con los ejercicios resueltos. (Observación 5, universidad privada).

- El profesor definió la derivada usando el límite del cociente incremental, pero inmediatamente pasó a las reglas de derivación. Los estudiantes no tuvieron oportunidad de construir significado sobre la definición formal. (Observación 11, universidad pública).

Respecto al uso de representaciones matemáticas, se observó un predominio de la representación algebraica, con presencia limitada de representaciones gráficas y tabulares. Cuando se utilizaron múltiples representaciones, estas no siempre estuvieron articuladas:

- La docente graficó la función, pero no estableció conexiones explícitas entre la gráfica, la tabla de valores y la expresión algebraica. Los estudiantes percibieron la gráfica como un

elemento decorativo, no como una herramienta para comprender la variación" (Observación 2, universidad pública).

- Se utilizó GeoGebra para mostrar la pendiente de la recta tangente, pero los estudiantes no manipularon el software ni exploraron el comportamiento de la función en diferentes puntos. (Observación 8, universidad privada).

La argumentación científica de estos hallazgos cualitativos se sustentó en la triangulación con los datos cuantitativos. La convergencia entre el desempeño deficiente en la prueba diagnóstica, la baja incorporación de herramientas especializadas y el predominio del enfoque procedimental en las clases observadas sugiere la existencia de una problemática estructural que no puede atribuirse exclusivamente a las limitaciones individuales de los estudiantes o docentes.

La evidencia indicó que el sistema de enseñanza del Cálculo Diferencial en el contexto estudiado no está generando las condiciones necesarias para el desarrollo del pensamiento variacional, lo que demanda intervenciones integrales que aborden simultáneamente la formación docente y la integración pedagógica de recursos tecnológicos.

Discusión de los resultados del estudio diagnóstico

La argumentación científica de los hallazgos obtenidos requiere situarlos en el contexto de la literatura especializada y examinar sus implicaciones teóricas y prácticas. En este sentido, el desempeño bajo en los tres niveles del pensamiento variacional constituye un hallazgo que merece un análisis cuidadoso. La homogeneidad del déficit, aunque debe interpretarse con cautela debido a la potencia estadística limitada del ANOVA, es consistente con la hipótesis de que las dificultades no se concentran en aspectos específicos del constructo, sino que reflejan una problemática más amplia en los procesos formativos. Esta interpretación encuentra respaldo en los planteamientos de Rico (2024), quien argumenta que la enseñanza centrada en procedimientos

mecánicos limita tanto la comprensión conceptual básica como la capacidad de aplicación autónoma.

La divergencia entre las concepciones declaradas y las prácticas observadas constituye un hallazgo significativo que ha sido documentado en investigaciones previas sobre la brecha entre el discurso pedagógico y la implementación efectiva en el aula (Báez y Gómez, 2025; Artigue, 2023). Esta brecha no debe interpretarse como una deficiencia individual de los docentes participantes, sino como una manifestación de tensiones estructurales que atraviesan la educación matemática universitaria.

Haspekian et al. (2024) argumentan que la integración de recursos didácticos innovadores enfrenta resistencias derivadas de las concepciones epistemológicas de los docentes sobre la matemática, de las restricciones institucionales relacionadas con los tiempos curriculares y de las presiones asociadas a la evaluación estandarizada. En el contexto dominicano, Báez y Gómez, (2025) han documentado que los docentes de matemáticas enfrentan dificultades específicas para diseñar tareas que promuevan el desarrollo del pensamiento variacional, lo que sugiere que la brecha entre el discurso y la práctica podría estar relacionada con limitaciones en la formación didáctica específica para el tratamiento de la variación.

La argumentación sobre el patrón de adopción tecnológica identificado se enriquece al considerar la distinción entre herramientas de propósito general y herramientas especializadas. La preferencia por inteligencias artificiales generales, en contraste con la escasa incorporación de herramientas matemáticas especializadas, sugiere que la adopción tecnológica se orienta hacia recursos de fácil acceso y uso intuitivo, mientras que las herramientas que requieren formación específica enfrentan barreras adicionales. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Panqueban y Huincahue (2024), quienes identifican que la integración de asistentes matemáticos

basados en inteligencia artificial en contextos universitarios enfrenta obstáculos relacionados con el acceso tecnológico, la formación docente insuficiente y las concepciones tradicionales sobre la evaluación matemática.

La argumentación sobre la brecha entre discurso y práctica adquiere mayor profundidad al considerar los aportes de Haspekian et al. (2024), quienes plantean que la mera introducción de recursos digitales no transforma la enseñanza, sino que se requiere un proceso de instrumentalización docente que articule las potencialidades del recurso con el conocimiento matemático y didáctico. Esta perspectiva teórica permite comprender por qué la disponibilidad de herramientas como GeoGebra o Desmos no se traduce automáticamente en su integración efectiva en las prácticas de aula. La evidencia observacional obtenida en este estudio confirma esta interpretación, al mostrar que incluso cuando se utilizaron herramientas digitales, su uso fue superficial y no estuvo articulado con los objetivos de aprendizaje.

Los hallazgos de este diagnóstico tienen implicaciones directas para el diseño de intervenciones en el marco del proyecto FONDOCYT 2024-2-1D3-0812. La argumentación de estas implicaciones se fundamenta en la evidencia empírica obtenida. En primer lugar, la homogeneidad del déficit en el pensamiento variacional sugiere que las intervenciones deben abordar los tres niveles de manera articulada, más que concentrarse en aspectos específicos. En segundo lugar, la brecha entre discurso y práctica indica que la formación docente debe ir más allá de la actualización conceptual, incorporando el diseño de tareas y la gestión didáctica de situaciones de aprendizaje centradas en la variación. En tercer lugar, el patrón de adopción tecnológica sugiere que las intervenciones deben superar las barreras de acceso y formación específica que limitan la integración de herramientas especializadas.

El presente diagnóstico presenta varias limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados:

- Primero, el muestreo no probabilístico por conveniencia restringe la generalización de los hallazgos a la población universitaria dominicana en su conjunto.

- Segundo, los valores de confiabilidad de los instrumentos, particularmente el nivel base de la prueba diagnóstica (α = 0,68), aconsejan precaución en la interpretación de las diferencias entre niveles.

- Tercero, la ausencia de análisis factorial que verifique la estructura de tres niveles del pensamiento variacional limita la capacidad de asegurar que estos operen como dimensiones independientes.

- Cuarto, el diseño descriptivo no permite establecer relaciones causales entre las prácticas de enseñanza y el desempeño de los estudiantes.

- Quinto, el tamaño muestral reducido, particularmente en el caso de los docentes, limita la potencia estadística de las pruebas inferenciales, por lo que la ausencia de diferencias significativas podría deberse en parte a esta restricción.

Asimismo, el tamaño muestral no permitió realizar análisis desagregados por tipo de universidad que pudieran revelar patrones diferenciales en el acceso a recursos tecnológicos o en las prácticas de enseñanza.

A pesar de las limitaciones señaladas, la argumentación científica de los hallazgos obtenidos posee implicaciones significativas tanto para la investigación como para la práctica educativa. Desde el punto de vista investigativo, este estudio contribuye a documentar empíricamente una problemática que, si bien ha sido ampliamente discutida en la literatura internacional, carecía de evidencia sistemática en el contexto dominicano.

Desde la perspectiva práctica, los resultados proporcionan criterios orientadores para el diseño de intervenciones formativas y didácticas que aborden de manera simultánea el desarrollo del pensamiento variacional y la integración pedagógica de los Recursos Educativos Inteligentes. La consideración conjunta de las limitaciones y las implicaciones permite valorar los alcances reales de este diagnóstico, sin sobredimensionar sus conclusiones ni desestimar su utilidad como punto de partida para investigaciones de mayor alcance.

Conclusiones

El presente estudio tuvo como propósito argumentar los resultados de un diagnóstico sobre el desarrollo del pensamiento variacional y el uso de Recursos Educativos Inteligentes en el Cálculo Diferencial en universidades dominicanas. Los hallazgos obtenidos permiten formular conclusiones que, sin pretender ser definitivas, ofrecen una caracterización inicial de la problemática abordada y orientan las acciones futuras en el marco del proyecto FONDOCYT 2024-2-1D3-0812.

En primer lugar, se concluye que el desarrollo del pensamiento variacional en los estudiantes evaluados se encuentra en un estadio incipiente, con un desempeño homogéneamente bajo en los tres niveles considerados. La ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los niveles, interpretada con la debida cautela debido a la potencia estadística limitada, sugiere que las dificultades no se concentran en aspectos específicos del constructo, sino que reflejan limitaciones estructurales que afectan de manera transversal la comprensión del Cálculo Diferencial. Este hallazgo interpela directamente las prácticas de enseñanza predominantes y demanda una revisión profunda de los enfoques didácticos utilizados en la formación matemática universitaria.

En segundo lugar, se concluye que la adopción tecnológica en el contexto estudiado se caracteriza por un patrón genérico e incipiente, donde las herramientas de propósito general predominan sobre las especializadas. La ausencia de diferencias entre docentes y estudiantes sugiere que este patrón constituye un fenómeno institucional compartido, más que una característica generacional o de rol académico. La escasa incorporación de herramientas matemáticas especializadas, tanto con inteligencia artificial como sin ella, indica que las barreras para la integración tecnológica no son exclusivamente de naturaleza técnica, sino fundamentalmente didáctica y formativa.

En tercer lugar, se concluye que existe una brecha significativa entre las concepciones declaradas por docentes y estudiantes sobre la importancia de la variación y el cambio, y las prácticas efectivas de aula, que permanecieron predominantemente centradas en procedimientos algorítmicos y reglas de derivación. Esta divergencia entre el discurso pedagógico y la implementación efectiva constituye un obstáculo significativo para el desarrollo del pensamiento variacional y demanda intervenciones formativas que aborden no solo los contenidos matemáticos, sino también las competencias didácticas para el diseño de tareas y la gestión de situaciones de aprendizaje centradas en la variación.

Los hallazgos evidencian la necesidad de diseñar propuestas didácticas que integren de manera articulada el pensamiento variacional, los Recursos Educativos Inteligentes y las herramientas digitales matemáticas en la enseñanza del Cálculo Diferencial. Esta integración debe orientarse a superar la enseñanza centrada exclusivamente en procedimientos y avanzar hacia experiencias de aprendizaje que promuevan la modelación, el análisis del cambio, la articulación de representaciones y el uso crítico de tecnologías inteligentes. El desafío no es meramente

tecnológico, sino fundamentalmente pedagógico, pues la sola disponibilidad de recursos no garantiza su integración efectiva en las prácticas de enseñanza.

A partir de estos resultados, se identifican líneas de acción prioritarias para la siguiente fase del proyecto. En primer lugar, se hace necesario diseñar e implementar programas de formación docente orientados específicamente al desarrollo de competencias para la enseñanza del pensamiento variacional, con énfasis en el diseño de tareas que promuevan la modelación, la argumentación y la resolución de problemas no rutinarios. En segundo lugar, resulta imperativo avanzar hacia la construcción de secuencias didácticas que integren de manera explícita los Recursos Educativos Inteligentes como mediaciones que potencien la comprensión de la variación y el cambio, no como complementos accesorios. En tercer lugar, se recomienda la realización de estudios con muestreos probabilísticos, análisis de validez de constructo y diseños longitudinales que permitan superar las limitaciones del presente diagnóstico y evaluar el impacto de las intervenciones didácticas sobre el desarrollo del pensamiento variacional.

En definitiva, este diagnóstico representa una contribución inicial al corpus de conocimiento sobre el pensamiento variacional y la integración de tecnologías inteligentes en la educación matemática universitaria, al proporcionar evidencia empírica sistemática sobre un contexto escasamente documentado en la literatura especializada. Los hallazgos obtenidos no solo caracterizan el estado actual de la problemática, sino que también identifican los puntos críticos sobre los cuales deberán concentrarse los esfuerzos de intervención formativa y didáctica. La articulación entre el diagnóstico, la formación docente y el diseño de secuencias didácticas fundamentadas constituye una condición necesaria para avanzar hacia una enseñanza del Cálculo Diferencial que promueva el desarrollo autónomo del pensamiento variacional en los estudiantes universitarios dominicanos. Los resultados de este estudio, aunque preliminares y sujetos a las

limitaciones señaladas, confirman la urgencia de emprender transformaciones pedagógicas profundas que trasciendan la incorporación tecnológica y se orienten hacia la construcción de experiencias de aprendizaje matemáticamente significativas.

Referencias

Aparicio-Gómez, W. O. (2023). La inteligencia artificial y su incidencia en la educación: transformando el aprendizaje para el siglo XXI. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa, 3*(2), 217-230. https://doi.org/10.51660/ripie.v3i2.133

Artigue, M. (2023). The challenging integration of digital technologies in mathematics education: A reflection from the perspective of the Anthropological Theory of the Didactic. *ZDM – Mathematics Education, 55*(2), 331–344. https://doi.org/10.1007/s11858-022-01452-9

Báez, A. M. y Gómez Muñoz, H. (2025). Dificultades en el diseño de tareas matemáticas de desarrollo procedimental de procesos de variación y cambio: un estudio con docentes dominicanos. *Transformación, 21*, e-486. https://transformacion.reduc.edu.cu/index.php/transformacion/es/article/view/486/561

Caballero, M. y Cantoral, R. (2013). Una caracterización de los elementos del pensamiento y lenguaje variacional. En R. Flores (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp. 1197-1205). Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. https://www.clame.org.mx/documentos/alme26.pdf

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. https://doi.org/10.4324/9780203771587

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8.ª ed.). Londres: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315456539

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods, 39*(2), 175-191. https://doi.org/10.3758/BF03193146

George, D., & Mallery, P. (2022). *IBM SPSS Statistics 27 step by step: A simple guide and reference*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003185369

Haspekian, M., Artigue, M. y Rocha, K. (2024). Interconexión de teorías: Un enfoque para el desarrollo y uso de recursos digitales en la enseñanza de las matemáticas. En B. Pepin, G. Gueudet y J. Choppin (Eds.), *Manual de recursos digitales en la enseñanza de las matemáticas* (pp. 89-112). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-45667-1_4

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Segunda Edición. McGraw-Hill. https://www.mheducation.com.mx/metodologia-de-la-investigacion-las-rutas-cuantitativa-cualitativa-y-mixta-9781456271913-latamLaderas

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33*(1), 159-174. https://doi.org/10.2307/2529310

Mariño, L. F., Falk de Losada, M. y Hernández, R. V. (2021). Una caracterización del pensamiento variacional desde la resolución de problemas de ecuaciones lineales diofánticas y la teoría fundamentada. *Eco Matemático, 12*(1), 13-25. https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ecomatematico/article/download/3065/3352/17614

Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología [MESCyT]. (2025). Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico 2024. Programa y resúmenes. MESCyT. *XVI Seminario de Investigación Científica e Innovación Tecnológica.*

https://mescyt.gob.do/wp-content/uploads/2025/02/XVI-Seminario-de-Investigacion-Cientifca-e-Innovacion-Tecnologica-FONDOCYT-2024-ISBN-978-9945-9484-2-4.pdf

Ouyang, F. & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2*, 100020. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X2100014X/pdfft?md5=34e8abc4fce32807ec75f01375aebb23&pid=1-s2.0-S2666920X2100014X-main.pdf

Panqueban, D. y Huincahue, J. (2024). Inteligencia artificial en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática. *Uniciencia, 38*(1), 1-17. https://www.redalyc.org/journal/4759/475981034014/html/

Rico Segura, A. (2024). El aprendizaje y la enseñanza del Cálculo Diferencial: Perspectivas desde las teorías APOE y Ontosemiótica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8*(1), 5949-5970. https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/9939/14623

Vasco, C. E. (2002). El pensamiento variacional, la modelación y las nuevas tecnologías. En *Memorias del Congreso Internacional de Tecnologías Computacionales en el Currículo de Matemáticas* (pp. 61-70). https://funes.uniandes.edu.co/wp-content/uploads/tainacan-items/32454/1142293/Vasco2002El.pdf

Vasco, C. E. (2003). El pensamiento variacional y la modelación matemática. En *Conferencia Interamericana de Educación Matemática, Blumenau* (pp. 1-14). http://pibid.mat.ufrgs.br/2009-2010/arquivos_publicacoes1/indicacoes_01/pensamento_variacional_VASCO.pdf