

# **Eje 7**

Didáctica de la  
matemática educativa





# Plickers: el aprendizaje de la matemática más fácil

## Plickers: Making Math Learning Easier

José Gregorio Santos-Núñez<sup>1</sup>

### Resumen

Este estudio evaluó el impacto de la herramienta tecnológica Plickers en el aprendizaje de Matemáticas en los estudiantes de 6.º grado del Centro Educativo Enriquillo durante el periodo escolar 2024-2025. El problema de investigación se centró en la necesidad de mejorar la participación y comprensión de los estudiantes en la asignatura. El objetivo fue analizar cómo el uso de Plickers influye en el proceso de enseñanza-aprendizaje y la motivación de los estudiantes. Se empleó un enfoque cuasiexperimental, comparando un grupo que utilizó Plickers con uno que siguió métodos convencionales. Los principales resultados indicaron una mayor participación, mejor rendimiento académico y percepción positiva hacia la herramienta, tanto de estudiantes como docentes. Estos hallazgos sugieren que Plickers contribuye significativamente a la mejora de la enseñanza de Matemáticas.

**Palabras clave:** aprendizaje, evaluación, innovación, matemáticas, participación, Plickers, tecnología educativa.

### Abstract

This study evaluated the impact of the Plickers technological tool on the learning of Mathematics in 6th grade students of the Enriquillo Educational Center during the 2024-2025 school year. The research problem focused on the need to improve student participation and understanding in the subject. The objective was to analyze how the use of Plickers influences the teaching-learning process and student motivation. A quasi-experimental approach was employed, comparing a group that used Plickers with one that followed conventional methods. The main results indicated greater participation, better academic performance and positive perception of the tool, both by students and teachers. These findings suggest that Plickers contributes significantly to the improvement of mathematics teaching.

**Keywords:** Assessment, educational technology, innovation, learning, Mathematics, participation, Plickers.

<sup>1</sup> Ministerio de Educación (MINERD). República Dominicana, gregsantosn@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4817-3387>

## 1. Introducción

En la era digital, la integración de la tecnología en la educación es fundamental para mejorar la enseñanza y el aprendizaje. En este contexto, Plickers ha emergido como una herramienta innovadora que facilita la participación y evaluación de los estudiantes sin necesidad de dispositivos individuales. El presente estudio se centra en la implementación de Plickers en la enseñanza de Matemáticas en el 6.º grado del Centro Educativo Enriquillo, durante el periodo escolar 2024-2025. El problema de investigación radica en la baja participación y el bajo rendimiento académico en Matemáticas. El objetivo principal es evaluar el impacto de Plickers en el proceso de enseñanza y aprendizaje, examinando cómo influye en la motivación, la participación y el rendimiento académico de los estudiantes.

Asimismo, García (2020) sostiene que la innovación educativa y la tecnología son fundamentales para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en la era digital. Esto respalda la idea de que herramientas como Plickers pueden transformar la dinámica del aula, facilitando la participación sin necesidad de dispositivos individuales. De su lado, Hernández (2021) destaca que las tecnologías en el aula permiten la adopción de enfoques pedagógicos más interactivos y centrados en el estudiante. Este enfoque está alineado con el constructivismo, en el que los estudiantes construyen activamente su conocimiento, como ocurre con Plickers al promover la participación y el feedback inmediato

La fundamentación teórica de esta investigación se basa en el constructivismo, que sostiene que el aprendizaje es un proceso activo donde los estudiantes construyen su propio conocimiento. Plickers, al promover la participación y el feedback instantáneo, está alineado con este enfoque pedagógico. Investigaciones previas sugieren que la integración de tecnologías como Plickers no solo mejora la interacción en clase, sino que también fortalece habilidades críticas como la resolución de problemas y el pensamiento crítico.

Para López y González (2019) la integración de tecnologías en la enseñanza de matemáticas tiene un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes de primaria, lo que refuerza el objetivo de evaluar cómo Plickers puede influir en la motivación, participación y rendimiento académico en la enseñanza de esta asignatura. Este estudio busca contribuir a la literatura sobre la tecnología educativa y proporcionar evidencias sobre el impacto de Plickers en un contexto real de enseñanza de Matemáticas en República Dominicana.

## 2. Metodología

La metodología adoptada en este estudio siguió un enfoque cuasiexperimental, con un solo grupo de 91 estudiantes de 6.º grado que utilizaron la herramienta educativa Plickers durante sus clases de Matemáticas. El objetivo principal fue evaluar los cambios en el rendimiento académico, la motivación y otros indicadores relacionados con el aprendizaje antes y después de la intervención, sin la necesidad de contar con un grupo de control.

De acuerdo con Ramírez (2019) las tecnologías interactivas permiten un aprendizaje más significativo en matemáticas, mejorando tanto la motivación como el rendimiento académico, lo cual es clave en el contexto del problema de baja participación y rendimiento en matemáticas

El procedimiento comenzó con la selección de la muestra, que incluyó a los 91 estudiantes mencionados. En la fase inicial o preintervención se administró una prueba diagnóstica de matemáticas para establecer una línea base del rendimiento académico de los estudiantes. Paralelamente, se realizaron observaciones sobre su participación en las clases sin el uso de Plickers, con el fin de tener una referencia sobre su nivel de compromiso y participación antes de la implementación de la herramienta.

Durante un período de ocho semanas, se llevó a cabo la intervención en la que los estudiantes utilizaron Plickers en sus clases de Matemáticas. Esta herramienta permitió una participación interactiva en la resolución de problemas matemáticos, donde los estudiantes respondían a preguntas utilizando tarjetas Plickers, facilitando la retroalimentación inmediata por parte del docente y aumentando la motivación y el compromiso de los estudiantes. Para Pérez y Martínez (2022) las ventajas y desafíos de la tecnología en el aula, destacando cómo herramientas como Plickers no solo facilitan la evaluación formativa, sino que también presentan retos en cuanto a la capacitación docente, un aspecto que se tuvo en cuenta al implementar la herramienta en este estudio

Una vez finalizado el período de intervención, se recolectaron los datos necesarios para el análisis. Se aplicó una prueba académica posintervención, similar en contenido a la prueba diagnóstica, con el objetivo de medir el progreso en el rendimiento académico de los estudiantes. Además, se realizaron encuestas de satisfacción para medir la motivación, comprensión de los temas, seguridad en la resolución de problemas y la percepción sobre la comunicación con el docente, enfocada en el impacto del uso de Plickers. Las observaciones en el aula continuaron durante todo el proceso para registrar el nivel de participación y analizar las interacciones entre estudiantes y docentes tras la implementación de la herramienta.

El análisis de los datos se centró en la comparación de los resultados pre y posintervención. Se utilizaron pruebas estadísticas, como la prueba «t» de muestras relacionadas, para evaluar el nivel de significancia de los cambios observados en el rendimiento académico y en los niveles de motivación y participación. Este enfoque permitió obtener una visión clara del impacto de Plickers en el aprendizaje de los estudiantes. Según Piaget (1986), el aprendizaje se construye activamente a través de la experiencia y la interacción con el entorno. Esta visión respalda el uso de herramientas tecnológicas como Plickers, que fomentan la participación, el razonamiento lógico y la retroalimentación inmediata, elementos clave para la enseñanza efectiva de las matemáticas en el nivel primario.

En cuanto a los instrumentos utilizados, se destacaron las pruebas pre y posintervención, diseñadas para medir el rendimiento en matemáticas, que incluyeron preguntas sobre operaciones básicas, geometría y resolución de problemas. También Inche León y Yabar Coloma (2021) mencionan que la importancia del liderazgo educativo y la motivación en la

implementación de nuevas tecnologías. Esto se refleja en la capacidad del docente para motivar a los estudiantes y gestionar eficazmente el uso de Plickers en el aula.

También se aplicaron cuestionarios de satisfacción para evaluar diversas dimensiones del proceso de aprendizaje y observaciones en el aula para medir la participación de los estudiantes. Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas con los docentes para recoger su percepción sobre la herramienta y su impacto en el aprendizaje, así como posibles áreas de mejora. En ese tenor, Salazar y Muñoz (2018) encontraron que la motivación estudiantil aumenta significativamente en entornos educativos que incorporan tecnología, lo cual se alinea con los objetivos del presente estudio de medir el impacto de Plickers en la motivación de los estudiantes en matemáticas.

Este diseño metodológico permitió analizar de manera detallada los cambios en el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes, proporcionando una base sólida para evaluar la efectividad de Plickers en un entorno de aprendizaje real.

### 3. Resultados

Aquí se muestran los resultados recabados del presente estudio.

**Tabla 1**  
**Motivación de los estudiantes**

| Nivel de motivación | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|------------|------------|
| Muy motivado/a      | 50         | 55 %       |
| Bastante motivado/a | 28         | 30 %       |
| Algo motivado/a     | 9          | 10 %       |
| Poco motivado/a     | 3          | 4 %        |
| Nada motivado/a     | 1          | 1 %        |
| <b>Total</b>        | <b>91</b>  | <b>100</b> |

La Tabla 1 muestra que el 55 % de los estudiantes se sintió «muy motivado/a» tras usar Plickers en las clases de Matemáticas, y un 30 % «bastante motivado/a», sumando un 85 % con alta motivación. Solo el 10 % se sintió «algo motivado/a», mientras que un 5 % reportó niveles bajos o nulos de motivación, posiblemente debido a la falta de familiaridad con la tecnología o preferencias personales.

**Tabla 2**  
Comprensión de los temas

| Nivel de comprensión | Frecuencia | Porcentaje |
|----------------------|------------|------------|
| Mucho mejor          | 55         | 60 %       |
| Bastante mejor       | 23         | 25 %       |
| Algo mejor           | 7          | 8 %        |
| Poco mejor           | 4          | 5 %        |
| Nada mejor           | 2          | 2 %        |
| <b>Total</b>         | <b>91</b>  | <b>100</b> |

En la Tabla 2, el 60 % de los estudiantes reportó una «mucho mejor» comprensión de los temas y un 25 % «bastante mejor». El 8 % tuvo mejoras moderadas, mientras que un 7 % experimentó pocas o ninguna mejora, lo que indica la necesidad de un enfoque más personalizado para algunos estudiantes.

**Tabla 3**  
Seguridad en la resolución de problemas

| Nivel de seguridad | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------------|------------|------------|
| Mucho más seguro   | 45         | 50 %       |
| Más seguro         | 28         | 30 %       |
| Algo más seguro    | 11         | 12 %       |
| Poco más seguro    | 4          | 5 %        |
| Nada más seguro    | 3          | 3 %        |
| <b>Total</b>       | <b>91</b>  | <b>100</b> |

La Tabla 3 refleja que el 50 % de los estudiantes se sintió «mucho más seguro/a» en la resolución de problemas, y un 30 % «más seguro/a». El 12 % experimentó mejoras moderadas, mientras que el 8 % no mostró mejoras notables en su seguridad.

**Tabla 4**  
Facilitación de la comunicación con el docente

| Nivel de facilitación | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------------|------------|------------|
| Mucho                 | 53         | 58 %       |
| Bastante              | 26         | 28 %       |
| Algo                  | 7          | 8 %        |
| Poco                  | 4          | 5 %        |
| Nada                  | 1          | 1 %        |
| <b>Total</b>          | <b>91</b>  | <b>100</b> |

La Tabla 4 indica que el 58 % de los estudiantes percibió que Plickers facilitó «mucho» la comunicación con el docente y un 28 % «bastante». Un 8 % reportó mejoras moderadas y un 6 % no percibió cambios significativos en la comunicación.

#### **Puntos fuertes**

- **Alta motivación:** El uso de Plickers fomentó la participación de la mayoría de los estudiantes.
- **Mejor comprensión:** La herramienta facilitó la comprensión de temas complejos de matemáticas.

#### **Puntos débiles**

- Algunos estudiantes reportaron que no sintieron mejoras significativas, lo que podría estar vinculado a la familiaridad tecnológica o preferencias de aprendizaje.

#### **Estrategias de resolución**

- Aumentar la capacitación docente en el uso de Plickers para maximizar su potencial.
- Personalizar las actividades con Plickers para cubrir distintas necesidades de aprendizaje.

#### **Propuestas de mejora**

- Ampliar el uso de Plickers a otras asignaturas para evaluar su efectividad en diferentes contextos de aprendizaje.
- Realizar una evaluación longitudinal para analizar el impacto a largo plazo.

## **4. Discusión y conclusiones**

En fin, Plickers demostró ser una herramienta eficaz para incrementar la motivación y mejorar la comprensión de los temas matemáticos entre los estudiantes de sexto grado. Esta plataforma facilitó la comunicación entre los docentes y los estudiantes, permitiendo una retroalimentación inmediata. A través de este proceso, se observó un aprendizaje más

dinámico y centrado en el estudiante. La implementación de Plickers no solo mejoró el rendimiento académico, sino que también promovió una mayor participación de los estudiantes en el aula. Según expresaron Wutti-prom et al. (2017) el uso de Plickers junto con estrategias de instrucción entre pares promueve la discusión activa entre los estudiantes y mejora su comprensión de conceptos difíciles

Los resultados de este estudio apoyan la hipótesis de que el uso de Plickers en la enseñanza de Matemáticas mejora tanto el rendimiento académico como la participación de los estudiantes. Moreno y Díaz (2021) indican que el uso de herramientas tecnológicas en la enseñanza de las matemáticas, encontrando que aumentan la interacción en el aula y facilitan la retroalimentación inmediata

En comparación con los métodos tradicionales, Plickers facilita la evaluación y retroalimentación inmediata, lo que contribuye a un aprendizaje más efectivo y atractivo. Además, los estudiantes se mostraron más involucrados y responsables de su propio aprendizaje, lo que resultó en un aumento significativo de su motivación intrínseca.

El estudio también confirma que la tecnología educativa, cuando se utiliza de manera adecuada, puede ser una herramienta poderosa para mejorar tanto la enseñanza como el aprendizaje en contextos educativos diversos. Plickers demostró ser una opción viable en aulas con limitaciones tecnológicas, ya que no requiere dispositivos electrónicos costosos y promueve la participación de todos los estudiantes, independientemente de sus recursos tecnológicos personales.

Por todo lo anterior, se recomienda la adopción de Plickers u otras herramientas similares en la enseñanza de Matemáticas, no solo por su impacto positivo en el rendimiento académico, sino también por su capacidad para fomentar un ambiente inclusivo y participativo que favorezca el aprendizaje activo y motivador de los estudiantes.

## 5. Referencias bibliográficas

- García, A. (2020). *Innovación educativa y tecnología: una revisión crítica*. Ediciones Complutense.
- Hernández, J. (2021). *Tecnologías en el aula: nuevos enfoques pedagógicos*. Revista Latinoamericana de Educación.
- Inche León, J. L., & Yabar Coloma, M. M. (2021). *Revisión teórica de liderazgo educativo, agotamiento y motivación de los directores de las instituciones educativas de la educación básica regular*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
- López, M., & González, P. (2019). *El impacto de las tecnologías en el aprendizaje de las matemáticas en educación primaria*. Revista Iberoamericana de Educación.
- Moreno, S., & Díaz, M. (2021). *El uso de herramientas tecnológicas en la enseñanza de matemáticas: un estudio de caso*. Investigación Educativa.
- Pérez, C., & Martínez, J. (2022). *La tecnología en el aula: ventajas y desafíos en la educación primaria*. Journal of Educational Technology.
- Piaget, J. (1986). *Seis estudios de psicología*. Seix Barral.

- Ramírez, E. (2019). *Evaluación del impacto de las tecnologías interactivas en la enseñanza de las matemáticas en primaria*. Ediciones del Sur.
- Salazar, F., & Muñoz, R. (2018). *La motivación estudiantil en entornos tecnológicos: un estudio empírico*. Revista de Investigación Educativa.
- Wuttirom, S., Toeddhanya, K., Buachoom, A., & Wuttisela, K. (2017). *Using Plickers Cooperate with Peer Instruction to Promote Students' Discussion in Introductory Physics Course*. Universal Journal of Educational Research. <https://doi.org/10.13189/ujer.2017.051111>

# Capacitación tecnológica de los docentes de matemáticas en el uso de herramientas neurodidácticas

## Technological Training of Mathematics Teachers in the use of Neuro Didactic Tools

Doris Neidi Peña-Mateo<sup>1</sup>

### Resumen

Este estudio examina el nivel de conocimiento y uso de herramientas neurodidácticas entre docentes de matemáticas, explorando la relación entre tecnología y neurodidáctica en el contexto educativo. El problema de la investigación radica en la falta de formación en neurodidáctica, lo que impacta la enseñanza de matemáticas. La investigación es relevante debido al creciente rol de la neurociencia en el aprendizaje y la necesidad de integrar estas estrategias en el aula. El objetivo es analizar el conocimiento de los docentes en neurodidáctica, su actitud hacia la tecnología, y los recursos tecnológicos disponibles en las instituciones. Con enfoque cuantitativo, se aplicaron encuestas a 18 docentes. Los datos indican un conocimiento medio-bajo en neurodidáctica, especialmente en teorías de aprendizaje y comprensión del cerebro. Los docentes muestran una actitud positiva hacia la tecnología, pero los recursos tecnológicos son limitados. En conclusión, se requiere mayor capacitación en neurodidáctica y tecnología para mejorar la enseñanza de matemáticas.

**Palabras clave:** neurodidáctica, tecnología educativa, formación docente.

### Abstract

This study examines the level of knowledge and use of neurodidactic tools among mathematics teachers, exploring the relationship between technology and neurodidactics in the educational context. The research problem lies in the lack of training in neurodidactics, affecting mathematics teaching. The study is justified by the increasing role of neuroscience in learning and the need to integrate these strategies into the classroom. The main objective is to analyze teachers' knowledge of neurodidactics, their attitude toward technology, and the technological resources available in schools. Using a quantitative approach, surveys were applied to 18 teachers. The data indicate a medium-low level of knowledge in neurodidactics, particularly in learning theories and brain function understanding. Teachers show a positive attitude towards technology, although technological resources are limited. In conclusion, greater training in neurodidactics and technology is necessary to enhance mathematics teaching.

**Keywords:** Neurodidactics, educational technology, teacher training.

<sup>1</sup> IDEICE, MINERD, ISFODOSU, BIU. República Dominicana, dorisneidispenamateo@gmail.com, 0009-0002-3669-0595

## 1. Introducción

### Problema de investigación

Los docentes de matemáticas del nivel primario de Sabaneta (San Juan de la Maguana, República Dominicana) se ven limitados para adaptar sus métodos de enseñanza a las necesidades individuales de los estudiantes. Esta limitación se traduce en clases estáticas y poco interactivas, en las que las herramientas tecnológicas disponibles, si las hay, se utilizan de manera superficial o incluso se ignoran por completo. Como resultado, los estudiantes no tienen la oportunidad de experimentar un aprendizaje activo y participativo, lo que afecta negativamente su comprensión y retención de los conceptos matemáticos. La integración de herramientas tecnológicas en la enseñanza de las matemáticas es esencial para fomentar un aprendizaje activo y participativo, como se destaca en el trabajo de Balladares Burgos (2018), que resalta la importancia del aprendizaje híbrido en la educación moderna.

### Fundamentación teórica

La fundamentación teórica de esta investigación se apoya en diversos estudios que analizan estrategias didácticas y metodológicas para el aprendizaje de las matemáticas en distintos niveles educativos. Gutiérrez et al. (2020) exploran el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) en la enseñanza de las matemáticas dentro de la formación inicial del profesorado, con el objetivo de identificar estrategias basadas en este enfoque, así como los facilitadores y obstáculos que inciden en el aprendizaje. A través de un estudio de investigación-acción, en el que emplearon una escala de valoración y un cuestionario abierto, los autores concluyeron que el DUA favorece la comprensión y participación de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por su parte, Pasquel (2023) aborda la implementación de una plataforma interactiva como estrategia didáctica para mejorar el aprendizaje de las matemáticas. Mediante una metodología cuantitativa, basada en el uso de encuestas, el estudio evidenció que la plataforma fortaleció la enseñanza de esta disciplina, además de optimizar el uso de evaluaciones formativas, lo que permitió un mejor seguimiento del progreso estudiantil.

En la misma línea, Castellanos (2022) analiza el efecto de la formación docente en la enseñanza de las matemáticas y su influencia en el desarrollo lógico-matemático de los estudiantes universitarios. A través de un estudio documental y un análisis de contenido, el autor destaca que una formación docente sólida es determinante para potenciar el pensamiento lógico y la comprensión matemática de los alumnos, lo que refuerza la necesidad de mejorar los programas de capacitación de esta área.

Finalmente, Briones Cedeño (2021) examina la efectividad de las estrategias neurodidácticas en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación básica. Mediante un análisis cualitativo, el estudio concluye que estas estrategias fomentan el aprendizaje activo, lo que facilita una mayor retención del conocimiento y una participación más dinámica por parte de los estudiantes.

En conjunto, estos estudios resaltan la importancia de metodologías innovadoras y adaptativas en la enseñanza de las matemáticas, resaltando la necesidad de una formación docente actualizada, el uso de herramientas tecnológicas y el aprovechamiento de estrategias basadas en el DUA y la neurodidáctica para optimizar los procesos de aprendizaje.

### **Justificación**

La investigación respalda la importancia de integrar la tecnología y enfoques neurodidácticos en la enseñanza de las matemáticas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, adaptando estrategias a las necesidades individuales de los estudiantes. Además, según Selwyn (2023), la educación digital debe ser abordada críticamente, lo que resalta la importancia de formar a los docentes en el uso efectivo de herramientas tecnológicas en el aula. Existe una brecha entre las necesidades de los estudiantes y las habilidades de los docentes en el uso de tecnología y herramientas neurodidácticas, que se refleja en el bajo rendimiento académico y desinterés de los estudiantes. Se recopilan datos empíricos mediante encuestas, entrevistas y observaciones, con análisis estadísticos y cualitativos para generar recomendaciones para la capacitación docente. La investigación busca abordar deficiencias de la enseñanza actual para mejorar la educación matemática y evitar la perpetuación de desigualdades en el rendimiento académico.

## **2. Metodología**

En el marco de la investigación sobre la «Capacitación tecnológica de los docentes de matemáticas del nivel primario en el uso de herramientas neurodidácticas en Sabaneta, San Juan de la Maguana, durante el año lectivo 2023-2024», se ha asumido un enfoque cuantitativo. Este enfoque se basa en la recolección y análisis de datos numéricos, utilizando métodos estadísticos para determinar patrones y relaciones entre variables. La medición objetiva que permite este enfoque es crucial para evaluar los niveles de capacitación tecnológica y su efecto en la aplicación de herramientas neurodidácticas (Flores & Anselmo, 2019).

Este enfoque se centra en la recolección y análisis de datos numéricos a través de encuestas estructuradas, lo que permite medir de manera precisa los niveles de conocimiento y habilidades de los docentes en relación con la tecnología y las herramientas neurodidácticas.

El diseño de la investigación es descriptivo, su objetivo es caracterizar el nivel de capacitación tecnológica y su aplicación en la enseñanza de las matemáticas. La población estudiada está conformada por docentes de matemáticas del nivel primario del segundo ciclo del distrito educativo 02-06.

El instrumento principal fue un cuestionario estructurado validado por expertos en educación, con un análisis de confiabilidad mediante el coeficiente de las dos mitades. La recolección de datos se realizó a través de encuestas, y los resultados fueron procesados y analizados en Microsoft Excel, generando gráficos y tablas para una interpretación visual clara de los hallazgos.

### 3. Resultados

**Tabla 1**  
Nivel de conocimiento sobre neurodidáctica

| Ítems    | ¿Cómo calificaría su nivel de conocimiento en...?         | (1) MB |      | (2) B |       | (3) M |       | (4) A |       | (5) MA |      | Total | %   |
|----------|---|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|-----|
|          |   | f      | %    | f     | %     | f     | %     | f     | %     | f      | %    |       |     |
| 1        | Funcionamiento del cerebro relacionado con el aprendizaje |        |      | 2     | 11.1  | 11    | 61.1  | 4     | 22.2  | 1      | 5.6  | 18    | 100 |
| 2        | Teorías del aprendizaje basadas en neurociencia           |        |      | 7     | 38.9  | 5     | 27.8  | 6     | 33.3  |        |      | 18    | 100 |
| 3        | Uso de técnicas neurodidácticas en la enseñanza           |        |      | 7     | 38.9  | 9     | 50.0  | 2     | 11.1  |        |      | 18    | 100 |
| 4        | Empleo de herramientas neurodidácticas                    |        |      | 8     | 44.4  | 6     | 33.3  | 4     | 22.2  |        |      | 18    | 100 |
| 5        | Plasticidad cerebral en estrategias de enseñanza          | 1      | 5.6  | 8     | 44.4  | 6     | 33.3  | 3     | 16.7  |        |      | 18    | 100 |
| Total    |   | 1      | 5.6  | 32    | 177.7 | 37    | 205.5 | 19    | 105.5 | 1      | 5.6  |       |     |
| Promedio |   | 0.20   | 1.12 | 6.4   | 35.54 | 7.4   | 41.1  | 3.8   | 21.1  | 0.20   | 1.12 |       |     |

**Nota:** Escala: muy bajo (1) MB, bajo (2) B, medio (3) M, alto (4) A y muy alto (5) MA.

En primer lugar, el promedio general de respuestas indica que la mayoría de los docentes se consideran en niveles intermedios a altos en su conocimiento sobre neurodidáctica. Por ejemplo, unos 7 docentes —equivalente al 41.1 % de los participantes— califican su nivel de conocimiento en medio (M), lo que refleja una familiaridad general con el tema, aunque no un dominio completo. Este hallazgo es coherente con estudios previos que señalan la importancia creciente de la neurociencia en la formación docente, pero también destacan la necesidad de una capacitación más profunda para aplicar efectivamente estos conocimientos en el aula (Pérez, 2023).

En cuanto a las tecnologías interactivas, un 61.1 % de los encuestados manifiesta una necesidad formativa muy alta. Este dato es coherente con la creciente integración de la

tecnología en el proceso educativo, donde la formación en el uso de herramientas interactivas es vital para mantenerse al día con las demandas del siglo XXI. Las tecnologías interactivas no solo facilitan la enseñanza, sino que también enriquecen la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, lo que permite una mayor interactividad y personalización en el proceso educativo (Rodríguez & Hernández, 2023).

Los datos obtenidos sobre la necesidad formativa en el uso de estrategias didácticas muestran una tendencia clara hacia la necesidad de mejorar la capacitación en estas áreas clave. Un alto porcentaje de los docentes, especialmente en técnicas como la gamificación y el aprendizaje basado en proyectos, evidencian la importancia de estas estrategias para fomentar el compromiso y la participación de los estudiantes. Por ejemplo, un 66.7% de los encuestados señala una muy alta necesidad formativa significativa en la gamificación, lo que subraya la importancia de estas técnicas para mejorar la motivación y la retención del conocimiento en el aula (García & López, 2022).

#### 4. Discusión y conclusiones

En lo que se refiere a la actitud de los docentes de matemáticas hacia la tecnología, se puede afirmar que es positiva. Los docentes reconocen el valor de la tecnología en el proceso educativo, especialmente en la enseñanza de matemáticas, y están dispuestos a utilizar herramientas digitales en su práctica. Sin embargo, aunque tienen una actitud favorable, esta disposición no se traduce siempre en un uso efectivo, lo que pone de manifiesto la necesidad de fortalecer sus competencias tecnológicas.

En definitiva, se concluye que el uso de la tecnología en la aplicación de herramientas neurodidácticas en la enseñanza de matemáticas es esencial para mejorar la atención, motivación y compromiso de los estudiantes. Sin embargo, para que esta integración sea efectiva, hace falta una formación continua y específica para los docentes. Es evidente la necesidad de capacitar a los docentes en el uso de tecnologías educativas y neurodidácticas, de manera que puedan optimizar los recursos disponibles y aplicar estrategias innovadoras en el aula, lo que contribuiría a mejorar los resultados académicos y el desarrollo cognitivo de los estudiantes.

#### 5. Referencias bibliográficas

- Balladares Burgos, J. (2018). El Aprendizaje Híbrido y la educación digital del profesorado universitario. *Revista Cátedra*, 1(1), 53-69. <https://r.issu.edu.do/cxQ>
- Briones Cedeño, G. C. (2021). Estrategias neurodidácticas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de educación básica. *ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 6(1), 56-64. <https://r.issu.edu.do/hV>
- Castellanos, E. T. P. (2022). Formación del docente para la enseñanza de las matemáticas: Una mirada hacia el futuro de los estudiantes universitarios. *Revista Educare*, 26(1), 69-88. <https://r.issu.edu.do/uB>

- Flores, S., & Anselmo, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 102-122. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- García, M., & López, P. (2022). Gamificación en la educación: Estrategias para mejorar el compromiso estudiantil. <https://r.issu.edu.do/Jzb>
- Gutiérrez-Saldivia, X. D., Barría, C. M., Tapia, C. P. (2020). Diseño universal para el aprendizaje de las matemáticas en la formación inicial del profesorado. *Formación universitaria*, 13(6), 129-142. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062020000600129>
- Rodríguez, L., & Hernández, J. (2023). Tecnologías interactivas en la educación: Transformando la enseñanza y el aprendizaje. <https://www.tecnologiayeducacionhoy.com>
- Pasquel Martínez, G. R. (2023). Plataforma interactiva como estrategia didáctica para el aprendizaje de las matemáticas. [Tesis de máster, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://r.issu.edu.do/Bf>
- Pérez, R. (2023). Neurodidáctica en la educación: Desafíos y perspectivas. <https://www.educacionneurociencia.com>
- Selwyn, N. (2023). *Digital education: A critical introduction*. <https://www.educationaltechnologies.com>

# Comité Olímpico Distrital y la reducción de desigualdades en las Olimpiadas de Matemáticas del Distrito 08-05 de Santiago

District Olympic Committee and the Reduction of Inequalities in the Mathematics Olympiads of District 08-05

Esteban Méndez-Rodríguez<sup>1</sup>

Heidy Gómez<sup>3</sup>

## Resumen

Este artículo aborda la desigualdad en los resultados de las Olimpiadas Nacionales de Matemáticas entre estudiantes del sector público y privado en el Distrito Educativo 08-05 de Santiago. El objetivo fue implementar un Comité Olímpico Distrital para la formación de tutores especializados con el fin de mejorar el rendimiento de los estudiantes del sector público en dichas competencias. Se utilizó un enfoque cuantitativo de investigación-acción, siguiendo las etapas del Modelo de Innovación del Centro de Formación e Innovación Educativa (CFIE). Los resultados evidencian una mejora significativa en la calidad de la formación docente y el rendimiento estudiantil en instituciones públicas, lo que demuestra el impacto positivo del Comité Olímpico Distrital en la equidad y excelencia educativa, que contribuye a reducir la brecha de rendimiento entre los sectores público y privado.

**Palabras clave:** Comité Olímpico Distrital, formación de tutores, desigualdad educativa, innovación pedagógica, educación pública.

## Abstract

This article addresses the inequality in the results of the National Mathematics Olympiads between students from public and private sectors in the Educational District 08-05 of Santiago. The objective was to implement a District Olympic Committee (COD) for the training of specialized tutors, with the aim of improving the performance of public sector students in these competitions. A quantitative action-research approach was used, following the stages of the Innovation Model of the Educational Training and Innovation Center (CFIE). The results show a significant improvement in the quality of teacher training and student performance in public institutions, demonstrating the positive impact of the District Olympic Committee on educational equity and excellence, contributing to reducing the performance gap between the public and private sectors.

**Keywords:** District Olympic Committee, tutor training, educational inequality, pedagogical innovation, public education.

<sup>1</sup> Ministerio de Educación (MINERD). República Dominicana, esteban.mendez@minerd.gob.do, <https://orcid.org/0000-0002-6212-0644>

<sup>2</sup> Universidad ISA. República Dominicana, heidygomez@isa.edu.do, <https://orcid.org/0000-0002-3104-6234>

## 1. Introducción

Las estadísticas del Distrito Educativo 08-05 de Santiago revelaron una significativa desigualdad en el rendimiento académico entre los alumnos del sector público y privado, especialmente en actividades de alto impacto como las Olimpiadas Nacionales de Matemáticas (ONM). En la Fase Distrital de las ONM 2023, el 80 % de los participantes provinieron del sector privado, que se destacaron en las categorías B y D, mientras que el sector público solo estuvo representado en las categorías A y C (Méndez Rodríguez, 2024). Esta diferencia evidenció que factores como el acceso a recursos educativos, infraestructura de calidad y tutores especializados favorecieron al sector privado, mejorando el desempeño de sus estudiantes en competencias académicas.

Por otro lado, los estudiantes del sector público enfrentaron diversas barreras que dificultaron su participación exitosa, como falta de recursos adecuados, aulas sobrepobladas, carencia de personal docente capacitado y escaso apoyo individualizado. Asimismo, las limitaciones socioeconómicas y culturales restringieron su acceso a oportunidades educativas de calidad, perpetuando las desigualdades sociales y generando implicaciones negativas para su desarrollo académico y personal a largo plazo.

Con el objetivo de mitigar esta desigualdad, se diseñó e implementó el Comité Olímpico Distrital (COD) en el Distrito 08-05. El propósito principal de este comité fue mejorar la participación y los resultados de los alumnos del sector público en las Olimpiadas Nacionales de Matemáticas. El proyecto buscó, además de mejorar el rendimiento académico de los estudiantes en competencias de alto nivel, generar conocimiento sobre estrategias efectivas para la formación de tutores especializados en el sector público (Ambrossetti, 2010; Lawson et al., 2015; Rubenstein & Thoron, 2013; Sánchez & Jara, 2014), estrategias que podrían replicarse en otros distritos educativos con situaciones similares. Según García-Gómez & Salas Martínez (2021), la innovación educativa debe centrarse en la formación docente y la divulgación de proyectos educativos entre estudiantes y familias, lo cual fue un aspecto clave promovido por el COD.

A lo largo de su implementación, el comité trabajó para fortalecer competencias claves como la resolución de problemas, el razonamiento lógico y crítico, y las habilidades científicas y tecnológicas de los estudiantes (Curra Sosa, 2017; Ramos Palacios, 2012). Durante su primer año, al menos uno de los más de 47,000 estudiantes del sector público logró representar al distrito en alguna de las categorías olímpicas, marcando un avance importante en la equidad educativa (Méndez Rodríguez, 2024). La creación del COD resultó fundamental para reducir la brecha educativa entre el sector público y el privado, ofreciendo oportunidades equitativas a todos los estudiantes, independientemente de su contexto socioeconómico. Este proyecto fue pertinente y viable, y contó con el respaldo de expertos y autoridades educativas, lo que permitió generar un impacto positivo en la reducción de desigualdades y contribuyó a la edificación de una sociedad más justa e imparcial.

## 2. Metodología

Este estudio se desarrolló utilizando un enfoque de investigación-acción con el propósito de implementar y evaluar la efectividad del Comité Olímpico Distrital (COD) como estrategia para la formación de tutores especializados en el sector público. La metodología se apoyó en el Modelo de Innovación del CFIE, estructurado en ocho etapas.

1. **Diseño del Estudio:** La intervención se implementó en instituciones educativas públicas seleccionadas mediante un diagnóstico inicial que incluyó la revisión de informes académicos y consultas con directores y docentes para identificar las áreas prioritarias y las carencias en la formación de tutores.
2. **Enfoque de Investigación-Acción:** Este enfoque permitió una intervención iterativa, diseñando, implementando y ajustando estrategias de formación de tutores en colaboración con todos los actores educativos (tutores, estudiantes y personal directivo), adaptando las estrategias a las necesidades específicas de cada contexto.
3. **Diagnóstico Inicial:** Se identificaron brechas en la formación de tutores y en el rendimiento académico de los alumnos, especialmente en las áreas con mayor necesidad de apoyo pedagógico.
4. **Capacitación de Tutores:** Se implementaron talleres formativos para desarrollar competencias clave en los tutores, abordando estrategias pedagógicas innovadoras, acompañamiento personalizado y resolución de problemas en el aula.
5. **Implementación del Comité Olímpico:** Se estableció el Comité Olímpico en el Distrito Educativo, que coordinó la formación continua de los tutores, supervisó su desempeño y proporcionó apoyo logístico y académico.
6. **Monitoreo y Evaluación Continua:** Se implementó un sistema de monitoreo que incluyó observación directa, entrevistas y evaluación periódica del progreso académico, permitiendo ajustes en las estrategias formativas (Bocquillon et al., 2015).
7. **Recolección de Datos:** Se usaron métodos cualitativos (entrevistas) y cuantitativos (pruebas de rendimiento y encuestas) para evaluar el impacto de la intervención.
8. **Análisis de Datos:** Se realizaron análisis estadísticos y cualitativos para identificar patrones en el rendimiento académico de los estudiantes y las competencias desarrolladas en los tutores.

### 3. Resultados

La implementación de los Comités Olímpicos para la formación de tutores especializados en instituciones públicas demostró un impacto significativo en la mejora del rendimiento académico de los alumnos y en el desarrollo de competencias docentes en los tutores. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

#### 1. Mejora en el rendimiento académico de los estudiantes

Después de la implementación del Comité Olímpico, se observó una mejora considerable en los resultados académicos de los estudiantes de las instituciones participantes. En particular, los estudiantes bajo la supervisión de tutores formados mediante esta estrategia mostraron un aumento promedio del 15 % en sus calificaciones en evaluaciones periódicas, en relación con los resultados obtenidos antes de la intervención (Ruffinelli et al., 2020).

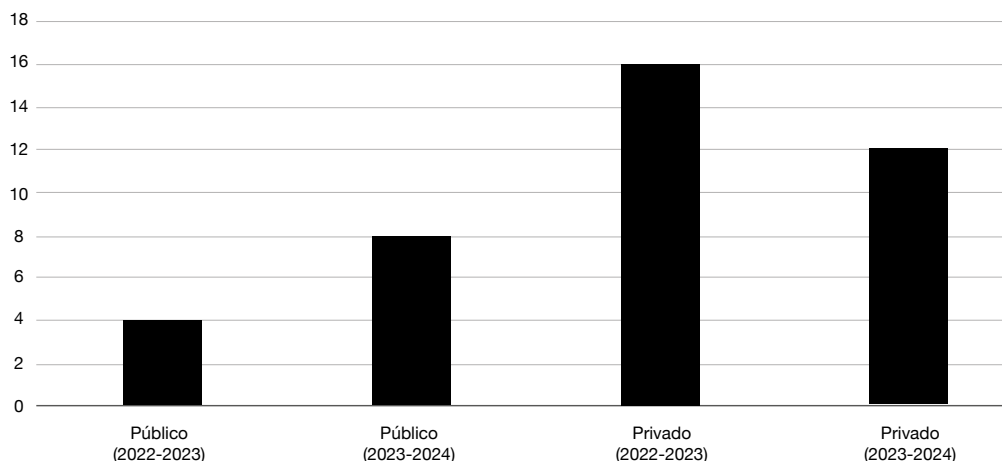
#### 2. Desarrollo de competencias en los tutores

Los tutores que participaron en el programa de formación proporcionado por el Comité Olímpico mostraron una mejora en sus habilidades pedagógicas y en su capacidad para ajustar las estrategias de enseñanza según las necesidades particulares de los estudiantes. Las encuestas realizadas a los tutores indicaron que el 90 % de ellos percibió que los talleres y el acompañamiento constante contribuyeron significativamente a mejorar su desempeño como docentes. Asimismo, las observaciones en el aula y las entrevistas revelaron un cambio en las dinámicas de enseñanza, con un enfoque más centrado en el estudiante y en la resolución de ejercicios. Esta evolución contribuyó a la creación de un ambiente de aprendizaje más participativo y efectivo (Sánchez & Jara, 2014).

#### 3. Reducción de la desigualdad educativa

Uno de los objetivos primordiales de la intervención fue disminuir la brecha de rendimiento académico entre los alumnos de las instituciones públicas y las privadas. Después de la implementación del Comité Olímpico, se observó una reducción en la desigualdad de los resultados de los alumnos en las escuelas públicas, con una disminución del 20 % en la diferencia de rendimiento, y un aumento de cuatro a ocho representantes en la etapa regional de las ONM. Este progreso se atribuye a la mayor disponibilidad de tutores formados y a la aplicación de estrategias pedagógicas adaptadas a las necesidades individuales de los estudiantes.

**Figura 1**  
**Ganadores de las Olimpiadas Distritales**  
**de Matemáticas 2022-2023 y 2023-2024 según sector**



#### 4. Satisfacción de los participantes

Las encuestas de satisfacción aplicadas tanto a estudiantes como a tutores indicaron un alto nivel de aceptación del programa. El 85 % de los estudiantes consideró que el acompañamiento de los tutores mejoró su experiencia educativa, mientras que el 95 % de los tutores expresó que la estructura y el apoyo brindados por el Comité Olímpico les permitió desarrollar nuevas habilidades y mejorar su desempeño profesional.

#### 5. Sostenibilidad y replicabilidad

Los resultados obtenidos demuestran que el modelo de Comités Olímpicos es viable y sostenible a largo plazo, siempre que se cuente con el apoyo institucional y la formación continua de los tutores. Además, se identificaron elementos claves para la replicabilidad del modelo en otros contextos educativos, como la necesidad de adaptar las estrategias de formación a las particularidades de cada institución y de asegurar un sistema de monitoreo constante.

## 4. Discusión y conclusiones

La implementación del Comité Olímpico como estrategia para la formación de tutores especializados ha demostrado ser una intervención educativa efectiva y replicable. Los resultados obtenidos evidencian mejoras reveladoras en el rendimiento académico de los estudiantes, así como en el desarrollo de competencias pedagógicas por parte de los tutores. Este modelo no solo promueve la equidad educativa, reduciendo las brechas entre estudiantes del sector público y privado, sino que también ofrece una estructura de apoyo continuo para el fortalecimiento del sistema educativo.

La flexibilidad y adaptabilidad del modelo permiten su aplicación en una vasta diversidad de contextos educativos y disciplinas, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para optimar la calidad de la enseñanza en instituciones con recursos limitados. Además, su enfoque en la formación continua y el acompañamiento personalizado lo posicionan como una estrategia integral para el desarrollo profesional de los docentes.

A futuro, los Comités Olímpicos tienen el potencial de expandirse a nivel nacional e internacional, aplicándose en diversas áreas curriculares más allá de las Matemáticas, y brindando una solución estructural a la necesidad de formación docente en múltiples contextos (Allsopp et al., 2006; Navarro Cendejas, 2017; Ramos Palacios, 2012). Con el apoyo adecuado, esta estrategia puede seguir contribuyendo a la construcción de un sistema formativo más equitativo y de alta eficacia en el que todos los alumnos tengan acceso a oportunidades de aprendizaje significativas.

## 5. Referencias bibliográficas

- Allsopp, D. H., DeMarie, D., Alvarez-McHatton, P., & Doone, E. (2006). Bridging the gap between theory and practice: Connecting courses with field experiences. *Teacher Education Quarterly*, *Invierno*, 19-35. <https://r.issu.edu.do/1z>
- Ambrosetti, A. (2010). The interconnectedness of the roles of mentors and mentees in pre-service teacher education mentoring relationships. *Australian Journal of Teacher Education*, *35*, 42-55. <https://r.issu.edu.do/din>
- Bocquillon, M., Dehon, A., & Derobertmeasure, A. (2015). Interventions du superviseur lors de séances de rétroaction visant le développement de la réflexivité: Étude de la variabilité inter-superviseurs. *Phronesis*, *4*(1), 14-27. <https://r.issu.edu.do/my>
- Curra Sosa, D. (2017). El entrenamiento para las Olimpiadas Nacionales Universitarias de Matemática en Cuba [Tesis, Universidad de Sevilla]. <https://r.issu.edu.do/Wqp>
- García-Gómez, S., & Salas Martínez, M. (2021). Claves para la sostenibilidad de un proyecto innovador en un instituto de Educación Secundaria. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, *25*(3), 239-258. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v25i3.9499>
- Lawson, T., Çakmak, M., Gündüz, M., & Busher, H. (2015). Research on mentoring in teacher education: A systematic review of the literature. *Teaching and Teacher Education*, *51*, 92-104. <https://doi.org/10.1080/02619768.2014.994060>
- Méndez Rodríguez, E. (2024). El Comité Olímpico Distrital como herramienta para la formación de tutores especializados en el sector público y la disminución de la desigualdad en los resultados de las Olimpiadas de Matemáticas de los estudiantes del Distrito Educativo 08-05 de Santiago [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)].
- Navarro Cendejas, J. (2017). Talento matemático excepcional y destino profesional. Trayectorias de participantes mexicanos en olimpiadas internacionales de matemáticas. *Innovación educativa*, *17*(73), 49-77. <https://r.issu.edu.do/R8>

- Ramos Palacios, L. A. (2012). *Una estrategia metodológica para desarrollar olimpiadas matemáticas en el nivel medio del sistema educativo hondureño*. Universidad de Alicante, Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. <https://r.issu.edu.do/uS>
- Rubenstein, E. D., & Thoron, A. C. (2013). An observational analysis of agricultural education faculty during on-site supervisory visits with pre-service teachers. *Journal of Agricultural Education*, 54(4), 134-148. <https://r.issu.edu.do/yt9>
- Ruffinelli, A., Morales, A., Montoya, S., Fuenzalida, C., Rodríguez, C., López, P., & González, C. (2020). Tutorías de Prácticas: Representaciones Acerca del rol del tutor y las estrategias pedagógicas. *Perspectiva Educacional, Formación de Profesores*, 59(1), 30-51. <https://r.issu.edu.do/bj>
- Sánchez, G., & Jara, X. (2014). Los espacios de tutoría en práctica profesional y sus necesidades de fortalecimiento. *Actualidades Investigativas en Educación*, 14(2), 1-25. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44731371012>



# Desarrollo del pensamiento variacional en Cálculo Diferencial con representaciones semióticas y Octave en Ingeniería

## Development of Variational Thinking in Differential Calculus with Semiotic Representations and Octave in Engineering

Heidy María Gómez<sup>1</sup>

Ana Mercedes Báez<sup>2</sup>

### Resumen

El Cálculo Diferencial es uno de los principales desafíos en la enseñanza de ingeniería, especialmente en la comprensión de los procesos variacionales. Este estudio evaluó el desempeño académico de los estudiantes mediante un conjunto de actividades estructurado bajo un enfoque pedagógico que fusiona representaciones semióticas y el uso del *software* Octave. La investigación se hizo con 60 estudiantes de la Universidad ISA, empleando un diseño experimental puro de enfoque cuantitativo, con grupos de control y experimental, y un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados indicaron que los estudiantes del grupo experimental lograron avances significativos en la comprensión de los procesos de variación y cambio, en comparación con el grupo de control. Se concluye que la incorporación de representaciones semióticas y herramientas tecnológicas como Octave facilita una comprensión más profunda y contextualizada del Cálculo Diferencial, lo que resalta su importancia en la formación de futuros ingenieros.

**Palabras clave:** Cálculo Diferencial, ingeniería, Octave, procesos de cambio, procesos de variación, representaciones semióticas, sistema de tareas.

### Abstract

Differential Calculus is one of the main challenges in engineering education, particularly in understanding variational processes. This study evaluated students' academic performance through a set of activities structured under a pedagogical approach that combines semiotic representations and the use of Octave software. The research was conducted with 60 students from Universidad ISA, using a pure experimental design with a quantitative approach, control and experimental groups, and a non-probabilistic convenience sampling method. The results indicated that students in the experimental group achieved significant improvements in understanding variation and change processes compared to the control group. It is concluded that incorporating semiotic representations and technological tools such as Octave facilitates a deeper and more contextualized understanding of Differential Calculus, highlighting its importance in the training of future engineers.

**Keywords:** Differential Calculus, Engineering, Octave, Processes of Change, Processes of Variation, Semiotic Representations, Task System.

<sup>1</sup> Universidad ISA. República Dominicana, heidygomez@isa.edu.do, 0000-0002-3104-6234

<sup>2</sup> Universidad ISA. República Dominicana, abaez@isa.edu.do, 0000-0001-7472-0471

## 1. Introducción

El Cálculo Diferencial es esencial en la formación de los ingenieros, ya que proporciona métodos para analizar fenómenos de cambio y variación, necesarios para resolver problemas complejos en ingeniería (Rojas Taño & Rodríguez Sosa, 2021). No obstante, la enseñanza tradicional de esta disciplina se enfoca principalmente en los procedimientos algorítmicos y no aborda adecuadamente los aspectos de variación y cambio, que son fundamentales para una comprensión profunda y aplicada de la materia (Báez & Gómez, 2025; Mariño & Falk de Losada, 2021).

En República Dominicana, los resultados de la prueba PISA muestran un bajo rendimiento en matemáticas, especialmente en el Cálculo Diferencial, lo que impacta negativamente la formación de futuros ingenieros (Ikeda, 2023; PISA, 2023). Las deficiencias en el desarrollo procedimental y el dominio de nociones matemáticas complejas limitan la capacidad de los escolares para solucionar problemas de ingeniería (Báez, 2018).

Esto resalta la necesidad de replantear los enfoques pedagógicos en la enseñanza del Cálculo Diferencial. Aunque se han logrado avances con el uso de herramientas tecnológicas y se ha reconocido la importancia de la variación y el cambio en el proceso de enseñanza-aprendizaje, aún no se integran de manera efectiva. La literatura educativa destaca que una adecuada comprensión de estos procesos, junto con el uso de representaciones semióticas, es esencial para mejorar la captación de la asignatura y la capacidad para aplicar estos conceptos en problemas prácticos (Doncel González et al., 2022; Duval, 2006).

El diseño de las tareas matemáticas de esta investigación se basa en uno de los subsistemas del modelo didáctico del desarrollo conceptual y procedimental en el Cálculo Diferencial de una variable real para las carreras de ingeniería (Báez et al., 2017a; Báez et al., 2017b), el cual integra subsistemas interrelacionados que fomentan el pensamiento variacional en contextos ingenieriles, buscando mejorar tanto el rendimiento procedimental como la comprensión de los procesos variacionales, cruciales para el aprendizaje de la asignatura en cuestión.

La investigación se orientó a evaluar el rendimiento de los estudiantes mediante la implementación de un sistema de tareas diseñado con un enfoque didáctico que integra representaciones semióticas y el uso del *software* Octave. Se llevó a cabo con una muestra de 60 estudiantes de la Universidad ISA, utilizando un diseño experimental puro de enfoque cuantitativo, con grupos de control y experimental y un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados mostraron que los alumnos del grupo experimental lograron mejoras significativas en su capacidad para interpretar y aplicar los procesos de variación y cambio, en comparación con el grupo de control. Se infiere que la integración de un enfoque variacional con representaciones semióticas y herramientas tecnológicas como Octave favorece un aprendizaje más contextualizado y aplicado, alineándose con las demandas educativas y profesionales del siglo XXI.

## 2. Metodología

Este estudio utilizó un diseño cuantitativo experimental con grupos de control y experimental para valorar el efecto de una estrategia didáctica en el rendimiento de los estudiantes de Cálculo Diferencial en carreras de ingeniería. La intervención incluyó representaciones semióticas y herramientas tecnológicas como el *software* Octave, con el fin de fortalecer la comprensión de los procesos variacionales. Se seleccionaron 60 estudiantes de la Universidad ISA de la República Dominicana mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, asignándolos a un grupo experimental (30 estudiantes) y un grupo de control (30 estudiantes).

La estrategia se basó en el subsistema «Orientación Procedimental en la Conversión de Registros de Representación Semiótica de los Procesos de Variación y Cambio», dentro del modelo didáctico de desarrollo conceptual y procedimental en Cálculo Diferencial. Se diseñaron tareas con orientación inductiva en la conversión de representaciones, deductiva en la justificación de los procesos de variación, y reflexiva para encapsular y desencapsular dichos procesos. Además, el uso del *software* Octave permitió una visualización y simulación más dinámica de los fenómenos matemáticos.

La intervención incluyó pruebas de entrada (pre-test) y salida (post-test) para valorar las competencias de los estudiantes en identificación, relación y deducción formal de los procesos de variación y cambio. En la entrada se abordaron funciones lineales, cuadráticas, trigonometría básica y vectores, mientras que en la salida se evaluaron geometría analítica, límite, derivada y aplicaciones de la derivada.

Los instrumentos fueron validados mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniendo valores entre 0.60 y 0.65, lo que refleja confiabilidad aceptable. Además, tres expertos revisaron los instrumentos para garantizar su validez, asegurando su pertinencia y adecuación al contexto del estudio.

## 3. Resultados

Se presentan los resultados del análisis comparativo entre los grupos experimental y de control, evaluando las diferencias en las mediciones pre y post-test para medir el efecto de la estrategia didáctica.

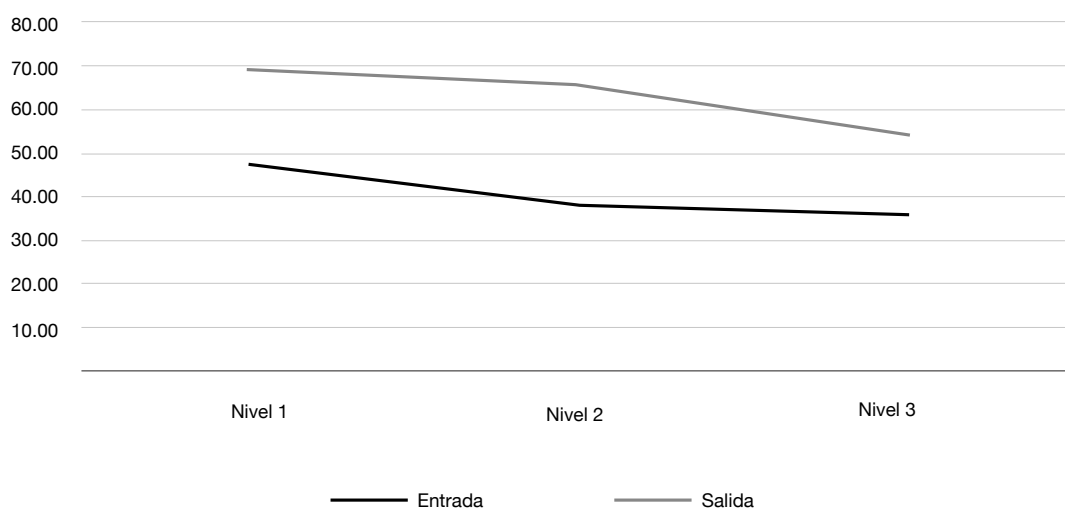
**Tabla 1**  
Comparación del grupo experimental

| Nivel                     | Entrada (%) | Salida (%) |
|---------------------------|-------------|------------|
| Nivel 1: Reconocimiento   | 47.16       | 69.19      |
| Nivel 2: Relación         | 38.53       | 65.25      |
| Nivel 3: Deducción Formal | 35.87       | 54.24      |

**Nota:** Elaboración propia.

La Tabla 1 muestra mejoras reveladoras del rendimiento de los alumnos en los tres niveles. En el Nivel 1: Reconocimiento, hubo un avance del 22.03 %, en el Nivel 2: Relación, un 26.72 %, y en el Nivel 3: Deducción Formal, un 18.37 %. Estas diferencias indican que, aunque hubo progreso en todos los niveles, las mejoras fueron más pronunciadas en los primeros niveles, mientras que la deducción formal presentó un mayor desafío, lo que refleja un avance más modesto.

**Figura 1**  
Comparación del grupo experimental



**Tabla 2**  
Comparación del grupo de control

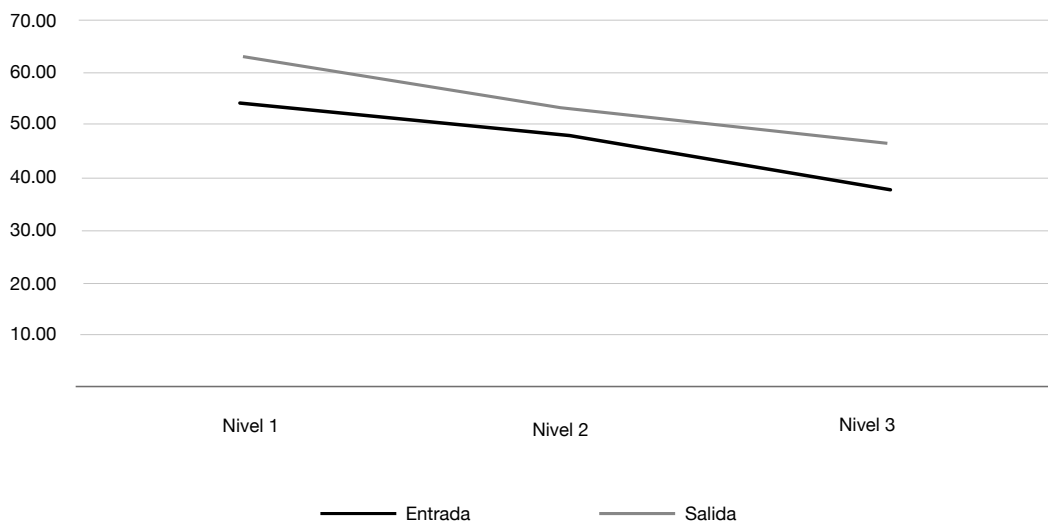
| Nivel                     | Entrada (%) | Salida (%) |
|---------------------------|-------------|------------|
| Nivel 1: Reconocimiento   | 53.83       | 62.67      |
| Nivel 2: Relación         | 48.08       | 53.53      |
| Nivel 3: Deducción Formal | 37.42       | 47.06      |

**Nota:** Elaboración propia.

La Tabla 2 muestra mejoras más modestas en el grupo de control. En el Nivel 1: Reconocimiento, los estudiantes pasaron del 53.83 % al 62.67 %, en el Nivel 2: Relación, del 48.08 % al 53.53 %, y en el Nivel 3: Deducción Formal, del 37.42 % al 47.06 %.

Aunque hubo un progreso en cada nivel, las mejoras fueron menores en comparación con el grupo experimental, lo que sugiere que la estrategia didáctica tuvo un efecto más significativo en el segundo grupo.

**Figura 2**  
Comparación del grupo de control



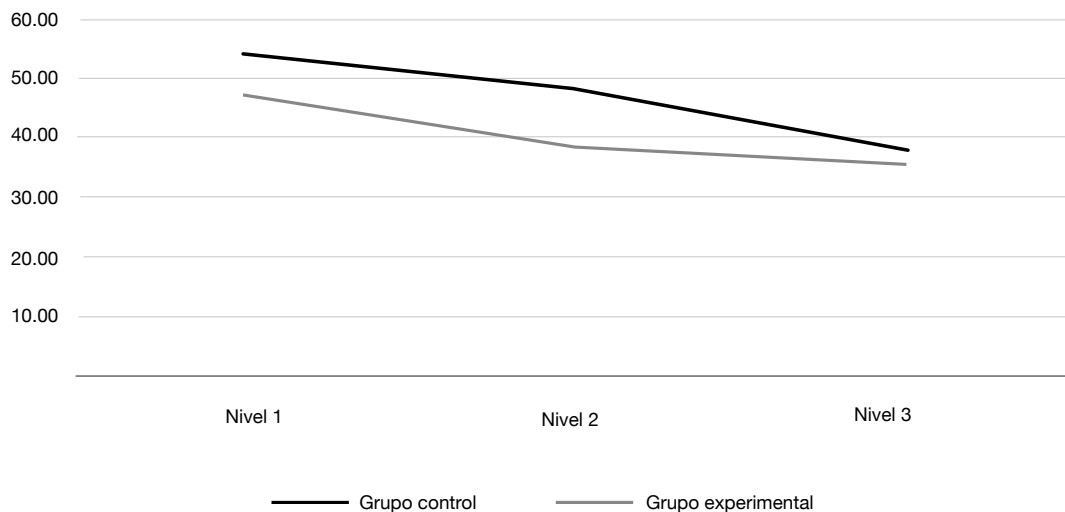
**Tabla 3**  
Comparación de la prueba de entrada

| Entrada                   | Grupo experimental (%) | Grupo de control (%) |
|---------------------------|------------------------|----------------------|
| Nivel 1: Reconocimiento   | 53.83                  | 47.16                |
| Nivel 2: Relación         | 48.08                  | 38.53                |
| Nivel 3: Deducción Formal | 37.42                  | 35.87                |

**Nota:** Elaboración propia.

La Tabla 3 muestra que, en la prueba de entrada, el grupo experimental superó al grupo de control en los niveles de Reconocimiento (53.83 % vs. 47.16 %) y Relación (48.08 % vs. 38.53 %), mientras que en Deducción Formal ambos grupos comenzaron con puntuaciones similares (37.42 % vs. 35.87 %). Esto indica que el grupo experimental tenía una ligera ventaja inicial.

**Figura 3**  
Comparación de la prueba de entrada



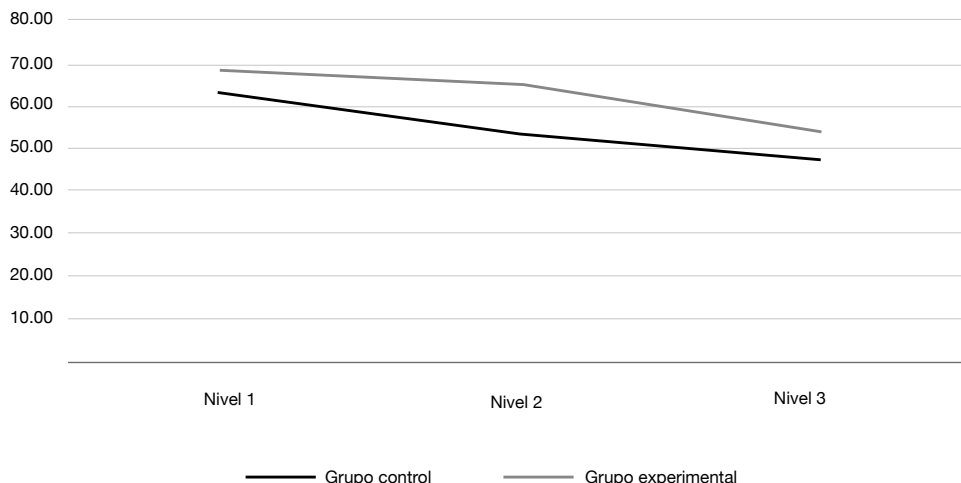
**Tabla 4**  
Comparación de la prueba de salida

| Entrada                   | Grupo experimental (%) | Grupo de control (%) |
|---------------------------|------------------------|----------------------|
| Nivel 1: Reconocimiento   | 80.23                  | 64.40                |
| Nivel 2: Relación         | 80.08                  | 62.38                |
| Nivel 3: Deducción Formal | 62.03                  | 54.93                |

**Nota:** Elaboración propia.

La Tabla 4 muestra que, en la prueba de salida, el grupo experimental superó al grupo de control en todos los niveles. En Reconocimiento, el grupo experimental alcanzó un 80.23 % frente al 64.40 % del grupo de control. En Relación, el grupo experimental obtuvo un 80.08 %, mientras que el grupo de control logró un 62.38 %. En Deducción Formal, el grupo experimental obtuvo un 62.03 %, frente al 54.93 % del grupo de control. Estos resultados destacan el rendimiento superior del grupo experimental, lo que evidencia la efectividad de la estrategia didáctica aplicada.

**Figura 4**  
**Comparación de la prueba de salida**



El análisis de las tablas muestra que el grupo experimental superó al grupo de control en todos los niveles evaluados. Aunque en las pruebas de entrada ya presentaba una ventaja, las diferencias fueron más notables en las pruebas de salida. En el Nivel 1: Reconocimiento, pasó del 53.83 % al 80.23 %, mientras que el grupo de control subió del 47.16 % al 64.40 %. En el Nivel 2: Relación, aumentó del 48.08 % al 80.08 %, frente al 38.53 % al 62.38 % del grupo de control. En el Nivel 3: Deducción Formal, mejoró del 37.42 % al 62.03 %, mientras que el grupo de control subió del 35.87 % al 54.93 %. Estos resultados indican que la estrategia didáctica aplicada en el grupo experimental fue más efectiva para la comprensión de los procesos variacionales.

#### 4. Discusión y conclusiones

Los resultados evidencian que el grupo experimental, que utilizó herramientas tecnológicas y representaciones semióticas, experimentó mejoras notables en comparación con el grupo de control. En las pruebas de entrada, el grupo experimental ya mostraba una ligera ventaja, pero fue en las pruebas de salida donde se evidenció el efecto significativo de la metodología. En los niveles de Reconocimiento y Relación, el grupo experimental mostró avances sustanciales, superando al grupo de control por márgenes amplios. Esto sugiere que las herramientas tecnológicas y las representaciones semióticas son efectivas para mejorar la comprensión de conceptos matemáticos, especialmente en fenómenos de variación y cambio.

El estudio demuestra que la integración de herramientas tecnológicas y representaciones semióticas en la enseñanza de Cálculo Diferencial tiene un efecto positivo en el rendimiento de los alumnos. El grupo experimental presentó avances significativos en los niveles de Reconocimiento y Relación, lo que destaca la efectividad de la estrategia didáctica.

En contraste, el grupo de control tuvo mejoras menores, lo que sugiere que la metodología tradicional no favorece tanto el aprendizaje en estos niveles. Estos resultados subrayan la importancia de innovar en la enseñanza matemática incorporando tecnologías que faciliten el aprendizaje activo y significativo.

## 5. Agradecimientos y reconocimientos

Se agradece al MESCyT de la República Dominicana por financiar, a través de Fondocyt, el proyecto Fondocyt 2020-2021-2B4-182 sobre estrategias didácticas en Cálculo Diferencial. También se reconoce el respaldo de la Universidad ISA por su apoyo institucional en la gestión y ejecución del proyecto.

## 6. Referencias bibliográficas

- Báez, A. M. (2018). Estrategia didáctica para el desarrollo conceptual procedimental en el cálculo diferencial de una variable real, para las carreras de ingeniería (Tesis doctoral, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz).
- Báez, A., Martínez-López, Y., Pérez, O., & Pérez, R. (2017a). Propuesta de tareas para el desarrollo del pensamiento variacional en estudiantes de ingeniería. *Formación Universitaria*, 10(3), 93-106. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062017000300010>
- Báez, A., Pérez, O., & Triana, B. (2017b). Propuesta didáctica para la comprensión de los procesos de variación y cambio en la enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial. *Academia y Virtualidad*, 10(2), 1-13. <http://dx.doi.org/10.18359/ravi.2743>
- Báez, A. M., & 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://acortar.link/NWYqVo>
- Doncel González, E., Rodríguez-Hernández, F., & Melo Niño, J. (2022). *Innovaciones pedagógicas en el desarrollo del pensamiento matemático*. Editorial Académica Española. <https://doi.org/10.18359/bolredipe.1722>
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 103-131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>
- Ikeda, M. (2023). New PISA results: Strengthening education systems in the wake of the pandemic. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/62fc50a3-en>
- Mariño, L. F., & Falk de Losada, M. (2021). *Avances en la caracterización del pensamiento variacional emergente en el contexto del planteo y resolución de problemas en profesores de matemáticas en formación*. Universidad Antonio Nariño. <https://r.issu.edu.do/fgZ>
- PISA. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing. <https://r.issu.edu.do/EwZ>
- Rojas Taño, A., & Rodríguez Sosa, J. B. (2021). La significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral. Varona. *Revista Científico Metodológica*, 72, 11-15. Epub 01 de junio de 2021. <https://r.issu.edu.do/sj>

# Estrategia didáctica para el desarrollo conceptual-procedimental en estudiantes de Cálculo Diferencial para las carreras de Ingeniería, República Dominicana

Didactic Strategy for Conceptual-Procedural Development in Differential Calculus Students for Engineering Programs, Dominican Republic

Ana Mercedes Báez<sup>1</sup>

Heidy María Gómez<sup>2</sup>

## Resumen

El propósito de esta investigación fue analizar el efecto de una estrategia didáctica orientada al desarrollo conceptual y procedimental en un grupo de 200 estudiantes de Cálculo Diferencial pertenecientes a carreras de Ingeniería en universidades tanto públicas como privadas de la República Dominicana. Dicha estrategia se fundamenta en un modelo didáctico que incorpora los procesos variacionales, elementos clave para optimizar la formación de futuros ingenieros. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, con un diseño experimental que incluyó un grupo experimental y uno de control, un alcance correlacional, y un muestreo de tipo no probabilístico. Los resultados, obtenidos a través de pruebas de hipótesis,

## Abstract

The purpose of this research was to analyze the effect of a didactic strategy aimed at developing conceptual and procedural skills in a group of 200 differential calculus students enrolled in engineering programs at both public and private universities in the Dominican Republic. This strategy is based on a didactic model that incorporates variational processes, which are key elements for optimizing the education of future engineers. The methodology employed followed a quantitative approach, with a pure experimental design that included an experimental group and a control group, a correlational scope, and a non-probabilistic sampling method. The results, obtained through hypothesis testing, showed significant

<sup>1</sup> Universidad ISA. República Dominicana, abaez@isa.edu.do, 0000-0001-7472-0471

<sup>2</sup> Universidad ISA. República Dominicana, heidygomez@isa.edu.do, 0000-0002-3104-6234

indicaron avances significativos en las competencias conceptuales y procedimentales de los participantes tras la implementación de la intervención. En conclusión, la estrategia didáctica aplicada fortaleció notablemente las capacidades de los estudiantes para solucionar problemas contextualizados en el ámbito de la ingeniería.

**Palabras clave:** Cálculo Diferencial, competencias académicas, desarrollo conceptual-procedimental, educación en ingeniería, estrategia didáctica, variación y cambio.

improvements in the participants' conceptual and procedural competencies after the intervention. In conclusion, the applied didactic strategy significantly strengthened students' abilities to solve contextualized problems in the field of engineering.

**Keywords:** academic skills, conceptual-procedural development, differential calculus, engineering education, instructional strategy, variation and change.

## 1. Introducción

A nivel mundial, se ha evidenciado una creciente inquietud por promover altos estándares educativos, como se manifiesta en la Agenda 2030, característicamente en el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 4, el cual establece como prioridad el impulso de una educación accesible, justa y de excelencia. En República Dominicana, la educación superior también enfrenta este desafío, y busca formar graduados éticamente comprometidos y capaces de contribuir al desarrollo sostenible. Además, los cambios tecnológicos y sociales actuales requieren una transformación de los enfoques del proceso educativo en el área de Matemáticas en la formación superior (Pico et al., 2017).

El Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT) de la República Dominicana reconoce avances de la preparación académica profesional, pero los reportes muestran que el proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) del Cálculo Diferencial (CD) no cumple con las expectativas. Los estudiantes enfrentan dificultades para resolver problemas y argumentar ideas con precisión (González, 2014). Diversos estudios destacan que el enfoque didáctico del CD se centra en soluciones algorítmicas y habilidades algebraicas, y descuida los aspectos conceptuales esenciales para la comprensión y resolución de problemas aplicados (Camacho-Ríos, 2011; González et al., 2016; Nieves, 2011). Esto se refleja en el tratamiento del cálculo de límites mediante algoritmos rutinarios en relación con los conceptos básicos del CD (Davis & Vinner, 1986; Sierpinska, 1987).

En objeción a las deficiencias en la enseñanza del CD, ha surgido un enfoque centrado en el desarrollo del pensamiento variacional desde la década de los ochenta. Este enfoque busca promover un aprendizaje significativo y contextualizado, alineado con las necesidades profesionales de los estudiantes. Aunque algunos estudios han demostrado su efectividad (Córdoba et al., 2014; Villa-Ochoa, 2012), persisten limitaciones en su implementación, ya que la enseñanza del CD sigue centrada en prácticas algorítmicas que impiden un dominio exhaustivo de los conceptos y enfoques del pensamiento variacional, según Artigue (1998).

Considerando estas deficiencias de la enseñanza de esta disciplina y las limitaciones de la implementación del enfoque del pensamiento variacional, surge el proyecto titulado «Estrategia Didáctica para el Desarrollo Conceptual Procedimental en los Procesos de Enseñanza-Aprendizaje del Cálculo Diferencial y su Efecto en el Desempeño Autónomo de Estudiantes Dominicanos en la Solución de Problemas Matemáticos», el cual está estructurado en cinco fases: 1) Análisis epistemológico del desarrollo educativo en Cálculo Diferencial; 2) Evaluación del estado actual de la enseñanza del Cálculo Diferencial en República Dominicana; 3) Desarrollo de los fundamentos teóricos y diseño del modelo de estrategia didáctica; 4) Capacitación y acompañamiento a los maestros de CD para implementar la estrategia; y 5) Ejecución de un experimento pedagógico para evaluar el efecto en el desempeño autónomo de los alumnos.

En relación con estas etapas, este artículo muestra los resultados de un estudio ejecutado con 200 estudiantes de Cálculo Diferencial de carreras de Ingeniería en universidades de la República Dominicana. Mediante un diseño cuantitativo experimental con grupo de control y grupo experimental, se evidenció que la intervención mejoró significativamente

las habilidades conceptuales y procedimentales de los alumnos, y fortaleció su capacidad de resolución de problemas matemáticos.

## 2. Metodología

La investigación fue de tipo cuantitativo, con diseño experimental que incluyó un grupo de control y un grupo experimental, un alcance correlacional y un muestreo no probabilístico. Su objetivo fue evaluar el efecto de una estrategia didáctica centrada en el desarrollo conceptual y procedimental de los estudiantes de Cálculo Diferencial en carreras de Ingeniería. La intervención se basó en un modelo didáctico que integró cuatro subsistemas interrelacionados, diseñados para fortalecer la comprensión de los procesos variacionales en contextos ingenieriles (Báez et al., 2017a; Báez et al., 2017b). Este modelo promovió el pensamiento variacional mediante: 1) el reconocimiento y representación matemática de patrones de variación, 2) la orientación procedimental para la conversión de registros semióticos, 3) la orientación conceptual en los contextos geométrico, numérico y métrico, y 4) la integración de los saberes matemáticos en prácticas sociales y contextos ingenieriles.

Para garantizar su validez, el modelo fue revisado y validado por 20 expertos internacionales. Se seleccionaron 200 estudiantes de centros de educación superior públicos y privados de la República Dominicana, asignándolos aleatoriamente a los grupos experimental (100 estudiantes) y de control (100 estudiantes). La intervención se llevó a cabo durante un ciclo académico, utilizando pruebas de entrada (pre-test) y salida (post-test) para valorar el desempeño de los alumnos en las dimensiones de reconocimiento, relación y deducción formal de los conceptos matemáticos. El cuestionario constó de 18 preguntas distribuidas en tres bloques de 6 preguntas cada uno.

El grupo experimental recibió la estrategia didáctica, mientras que el grupo de control siguió el método tradicional. Se realizó una prueba de confiabilidad utilizando el Alfa de Cronbach, y se obtuvieron valores entre 0.60 y 0.65, lo que reflejó una buena confiabilidad. Los resultados fueron examinados mediante el programa SPSS, aplicando pruebas estadísticas adecuadas para evaluar las diferencias significativas entre las muestras.

## 3. Resultados

Se presentan las reflexiones derivadas del análisis comparativo entre los grupos experimental y de control, evaluando las diferencias de las mediciones pre y post-test para medir el efecto de la estrategia didáctica.

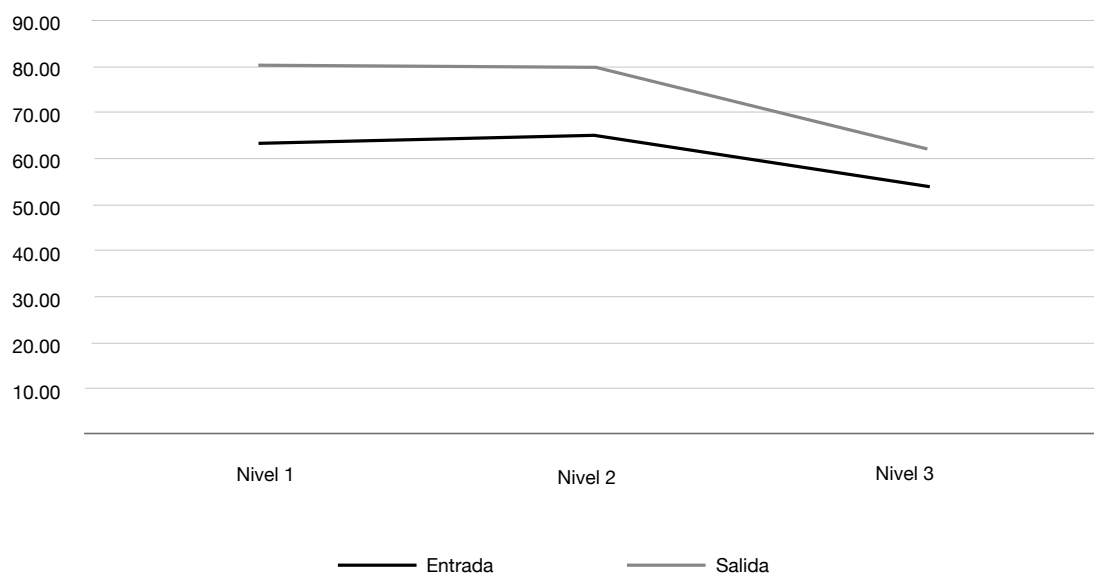
**Tabla 1**  
Comparación del grupo experimental

| Nivel   | Entrada (%) | Salida (%) |
|---------|-------------|------------|
| Nivel 1 | 63.05       | 80.23      |
| Nivel 2 | 64.66       | 80.08      |
| Nivel 3 | 53.92       | 62.03      |

**Nota:** Elaboración propia.

Los resultados del grupo experimental muestran mejoras significativas en los tres niveles evaluados: en el Nivel 1 (Reconocimiento), la media aumentó 17.18 puntos; en el Nivel 2 (Relación), subió 15.42 puntos; y en el Nivel 3 (Deducción Formal), aumentó 8.11 puntos. Estos resultados indican un efecto positivo de la estrategia didáctica, especialmente en los niveles de reconocimiento y relación.

**Figura 1**  
Comparación del grupo experimental



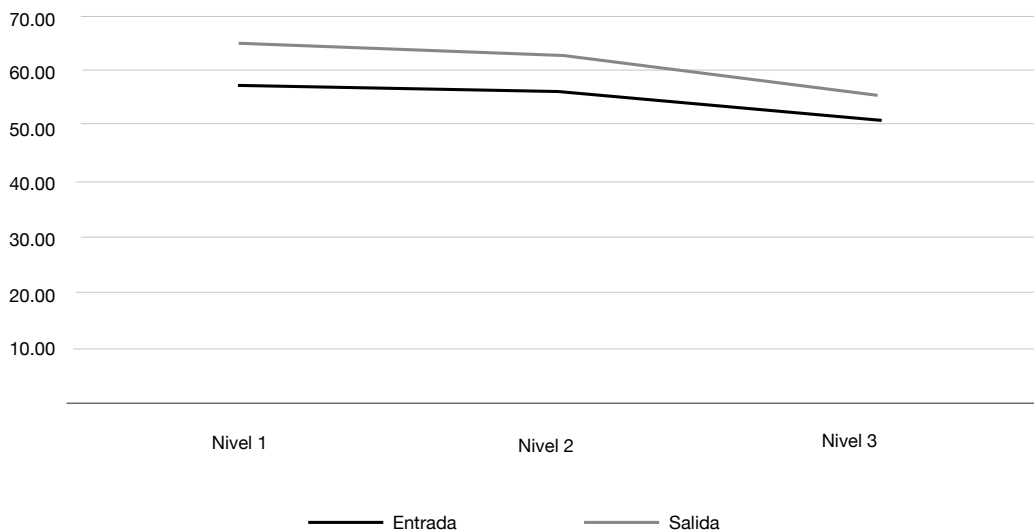
**Tabla 2**  
Comparación del grupo de control

| Nivel   | Entrada (%) | Salida (%) |
|---------|-------------|------------|
| Nivel 1 | 56.76       | 64.40      |
| Nivel 2 | 56.16       | 62.83      |
| Nivel 3 | 50.72       | 54.93      |

**Nota:** Elaboración propia.

Los resultados del grupo de control muestran mejoras entre las mediciones pre y post-test, aunque menores que en el grupo experimental. En el Nivel 1 (Reconocimiento), la media aumentó 7.64 puntos; en el Nivel 2 (Relación) subió 6.67 puntos; y en el Nivel 3 (Deducción Formal) aumentó 4.21 puntos. Estos avances fueron más limitados en comparación con el grupo experimental.

**Figura 2**  
Comparación del grupo de control



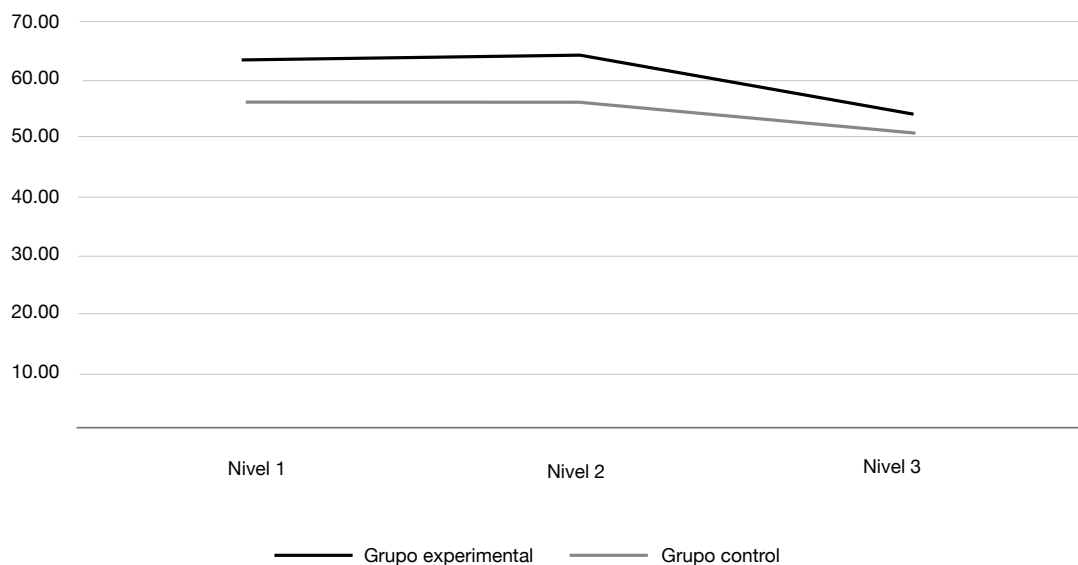
**Tabla 3**  
Comparación de la prueba de entrada

| Entrada | G. Experimental (%) | G. Control (%) |
|---------|---------------------|----------------|
| Nivel 1 | 63.05               | 56.76          |
| Nivel 2 | 64.66               | 56.16          |
| Nivel 3 | 53.92               | 50.72          |

Nota: Elaboración propia.

Al comparar los resultados de entrada, el grupo experimental superó al grupo de control en los tres niveles evaluados. En el Nivel 1, la diferencia fue de 6.29 puntos; en el Nivel 2, de 8.5 puntos; y en el Nivel 3, de 3.2 puntos. Estos resultados sugieren que el grupo experimental tenía una base de conocimiento previa ligeramente más sólida que el grupo de control.

**Figura 3**  
Comparación de la prueba de entrada



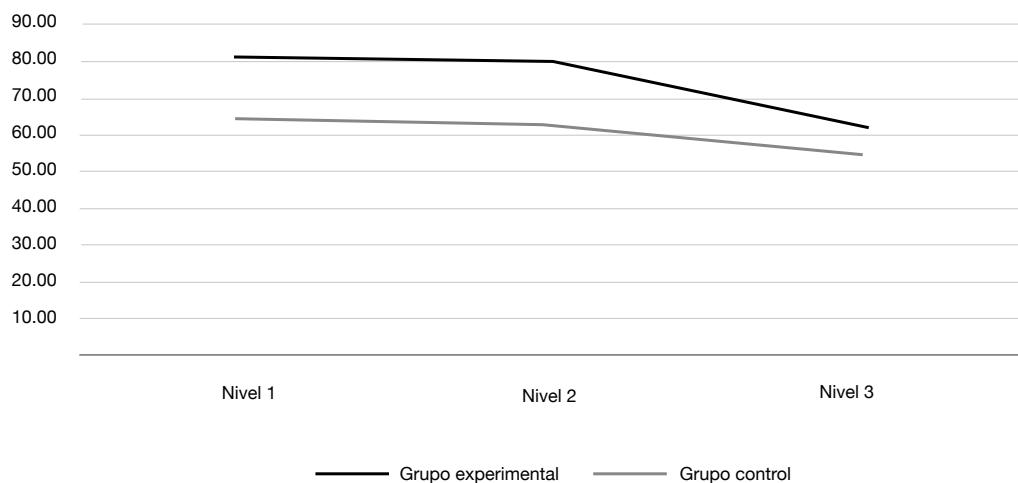
**Tabla 4**  
Comparación de la prueba de salida

| Salida  | G. Experimental (%) | G. de Control (%) |
|---------|---------------------|-------------------|
| Nivel 1 | 80.23               | 64.40             |
| Nivel 2 | 80.08               | 62.83             |
| Nivel 3 | 62.03               | 54.93             |

**Nota:** Elaboración propia.

Al comparar los resultados de salida, el grupo experimental superó significativamente al grupo de control en todos los niveles. En el Nivel 1, la diferencia fue de 15.83 puntos; en el Nivel 2, de 17.25 puntos; y en el Nivel 3, de 7.1 puntos. Estos resultados indican que la estrategia didáctica aplicada tuvo un efecto positivo en el grupo experimental.

**Figura 4.**  
Comparación de la prueba de salida



Los hallazgos muestran que la estrategia didáctica mejoró significativamente el desempeño del grupo experimental en comparación con el de control. El análisis estadístico con SPSS y las pruebas de normalidad indicaron que los datos no seguían una distribución normal, lo que justificó el uso del test de Mann-Whitney, y se encontraron diferencias significativas. Además, la prueba de Wilcoxon en el grupo experimental mostró una mejora estadísticamente significativa entre las mediciones iniciales y finales, lo que confirma el efecto positivo de la intervención.

#### 4. Discusión y conclusiones

Los resultados de esta investigación muestran que la estrategia didáctica enfocada en el desarrollo conceptual y procedimental del Cálculo Diferencial tuvo un efecto positivo en el grupo experimental. Los estudiantes que participaron en la intervención mejoraron significativamente en comparación con el grupo de control, especialmente en el reconocimiento, la relación y la deducción formal de conceptos matemáticos. Estos hallazgos confirman que un modelo pedagógico sistemático, orientado al pensamiento variacional, es una herramienta efectiva para mejorar la comprensión de los procesos de variación y cambio en la formación ingenieril.

El análisis de los datos, respaldado por pruebas estadísticas, revela que la intervención tuvo un efecto considerable sobre el rendimiento de los estudiantes, y superó las expectativas de las mediciones de la prueba de salida en relación con la entrada. La diferencia significativa en el grupo experimental resalta la efectividad de la estrategia aplicada.

En conclusión, esta investigación valida la eficacia de un modelo didáctico centrado en la variación y el cambio para la enseñanza del Cálculo Diferencial en carreras de Ingeniería. La implementación de este enfoque mejora notablemente el rendimiento de los estudiantes y tiene el potencial de ser reproducido en otros contextos educativos para mejorar el aprendizaje en áreas similares.

#### 5. Agradecimientos y reconocimientos

Se agradece al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT) de la República Dominicana por su apoyo a través del FONDOCYT, que financió el proyecto FONDOCYT 2020-2021-2B4-182 titulado «Estrategia Didáctica para el Desarrollo Conceptual Procedimental en el Cálculo Diferencial». También se reconoce el respaldo de la Universidad ISA por su apoyo institucional en el proyecto.

#### 6. Referencias bibliográficas

- Artigue, M. (1998). L'évolution des problématiques en didactique de l'analyse. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 18(2), 231-262. <https://r.issu.edu.do/LI>
- Báez, A., Martínez-López, Y., Pérez, O., & Pérez, R. (2017a). Propuesta de tareas para el desarrollo del pensamiento variacional en estudiantes de ingeniería. *Formación Universitaria*, 10(3), 93-106. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000300010>
- Báez, A. M., Pérez-González, O. L., & Triana-Hernández, B. (2017b). Propuesta didáctica basada en múltiples formas de representación semiótica de los objetos matemáticos para desarrollar el proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial. *Academia y Virtualidad*, 10(2), 20-30. <https://doi.org/10.18359/ravi.2743>
- Camacho-Ríos, A. (2011). Socioepistemología y prácticas sociales: Hacia una enseñanza dinámica del cálculo diferencial. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 2(3), 152-171. <https://r.issu.edu.do/pd1>

- Córdoba, C. A., Gómez, V., & Zuñiga, L. A. (2014). *Propuesta para la integración de TIC a las prácticas de enseñanza de los docentes de la Institución Educativa Francisco Luis Hernández que favorezca el desarrollo del pensamiento variacional de los estudiantes sordos en el área de matemáticas*. Universidad Pontificia Bolivariana. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/1473>
- Davis, R. B., & Vinner, S. (1986). The notion of limit: Some seemingly unavoidable misconception stages. *The Journal of Mathematical Behavior*, 5, 281-303. <https://r.issu.edu.do/DV>
- González, J. L., Chávez, O. R., Ochoa, E. L., López, J. B., & Álvarez, M. S. (2016). Comprensión del concepto de la derivada como razón de cambio. *CULCyT*, (51), 4-14. <https://r.issu.edu.do/Y3Y>
- González, S. (2014). Aportes a la educación matemática en República Dominicana y Latinoamérica. *Cuaderno de Pedagogía Universitaria*, 8(16), 16-22. <https://doi.org/10.29197/cpu.v8i16.154>
- Mateus Nieves, E. (2011). Epistemología de la derivada como fundamento del cálculo diferencial. *Voces y Silencios. Revista Latinoamericana de Educación*, 2(especial), 3-21. <https://doi.org/10.18175/vys2.especial.2011.01>
- Pico, R., Díaz, F., & Escalona, M. (2017). Enseñanza y aprendizaje del cálculo diferencial aplicando el asistente matemático Derive. *Tecnología Educativa*, 2(1), 24-31. <https://r.issu.edu.do/CrB>
- Sierpinska, A. (1987). Estudiantes de humanidades y obstáculos epistemológicos relacionados con los límites. *Estudios Educativos en Matemáticas*, 18, 371-397. <https://doi.org/10.1007/BF00240986>
- Villa-Ochoa, J. A. (2012). Razonamiento covariacional en el estudio de funciones cuadráticas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (31). <https://doi.org/10.17227/ted.num31-1646>

# Integración de matemáticas discretas y química analítica en un enfoque de ciencias contextualizadas

## Integration of Discrete Mathematics and Analytical Chemistry in a Contextualized Sciences Approach

Newman Y. Zambrano-Leal<sup>1</sup>

Rudis Haleesis Berroa-Javier<sup>2</sup>

### Resumen

La presente investigación integra la teoría de grafos y la química orgánica mediante la representación y análisis de hidrocarburos alcanos como estructuras de árboles enraizados. A partir de un enfoque teórico, se realizó una revisión bibliográfica para identificar patrones significativos y desarrollar estrategias interdisciplinarias que vinculen estas disciplinas. El trabajo se contextualiza en el curso de matemáticas discretas del séptimo ciclo de la licenciatura en Matemática orientada a la Educación Secundaria, específicamente en la unidad sobre Introducción a la Teoría de Grafos. Los resultados evidenciaron que los árboles enraizados permiten modelar estructuras moleculares de hidrocarburos de manera precisa, siguiendo las reglas de nomenclatura de la IUPAC. Esta representación gráfica facilita la clasificación y comprensión de las propiedades químicas, y resalta el potencial de la teoría de grafos para enriquecer el aprendizaje interdisciplinario. Se concluye que esta integración ofrece un marco teórico sólido y promueve un enfoque contextualizado para la enseñanza.

**Palabras clave:** grafos, hidrocarburos, árboles enraizados, química, matemáticas discretas.

### Abstract

This research integrates graph theory and organic chemistry through the representation and analysis of alkane hydrocarbons as rooted tree structures. Adopting a theoretical approach, a bibliographic review was conducted to identify significant patterns and develop interdisciplinary strategies linking these disciplines. The study is contextualized within the Discrete Mathematics course of the seventh semester of the Bachelor's Degree in Mathematics for Secondary Education, specifically in the unit on Introduction to Graph Theory. The results demonstrated that rooted trees enable precise modeling of molecular structures of hydrocarbons, adhering to the IUPAC nomenclature rules. This graphical representation facilitates the classification and understanding of chemical properties, highlighting the potential of graph theory to enrich interdisciplinary learning. It is concluded that this integration provides a robust theoretical framework and promotes a contextualized approach to teaching.

**Keywords:** Graphs, hydrocarbons, rooted trees, chemistry, discrete mathematics.

<sup>1</sup> Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña (ISFODOSU). República Dominicana, newman.zambrano@isfodosu.edu.do, <https://orcid.org/0000-0002-3990-1573>

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM). República Dominicana, rudis108berroa@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-1464-4494>

## 1. Introducción

La teoría de grafos tiene aplicaciones significativas en diversas áreas, incluida la química orgánica, en la que se ha utilizado para representar estructuras moleculares y analizar propiedades de compuestos. Aunque su aplicación en el estudio de hidrocarburos —como la enumeración de isómeros constitucionales en alcanos— ha sido explorada, a nivel docente no se presenta una conexión que integre teoría de grafos e hidrocarburos. Este vacío sugiere una oportunidad de investigación para profundizar en la conexión entre la teoría de grafos y la química.

En particular, la representación de hidrocarburos alcanos como árboles enraizados plantea preguntas que no solo enriquecen el conocimiento sobre sus estructuras y propiedades, sino que también destacan la relevancia de las matemáticas en contextos científicos prácticos (Epp, 2012; García Merayo, 2015; Grimaldi, 2014). Nuestra investigación se centra en el desarrollo y la aplicación de estas estructuras gráficas al estudio de hidrocarburos, abordando su importancia en la representación molecular y promoviendo una comprensión interdisciplinaria.

Además, la ciencia contextualizada emerge como una herramienta clave en la formación de licenciados en matemáticas orientados a la educación secundaria. Este enfoque permite vincular conceptos abstractos, como la teoría de grafos, con aplicaciones prácticas en química, enriqueciendo el aprendizaje y fomentando la transferencia del conocimiento a problemas reales (Lederman, 2019). El trabajo se desarrolla dentro del contexto del curso de Matemáticas Discretas, asignatura correspondiente al séptimo ciclo de la licenciatura en Matemáticas orientada a la Educación Secundaria. Específicamente, se enfoca en la Unidad 3: Introducción a la Teoría de Grafos, que abarca: definiciones de grafos y grafos dirigidos, subgrafos, complementos, isomorfismo de grafos, grado de un vértice, caminos eulerianos y circuitos, grafos planos, caminos hamiltonianos, ciclos, árboles, propiedades y ordenación.

Este marco temático justifica la importancia de incluir ciencias contextualizadas en este entorno académico, promoviendo una comprensión integral y aplicada de los conceptos.

### Fundamentos teóricos

**Ciencias contextualizadas.** Este enfoque busca integrar diversas disciplinas para abordar problemas complejos, promoviendo aprendizajes significativos y conectados con contextos reales (Karian & Zeidler, 2017; Lederman, 2019; Schwartz, 2006). Este enfoque fortalece la enseñanza al situar los contenidos en contextos relevantes, permitiendo a los estudiantes comprender cómo las matemáticas y la química interactúan para resolver problemas prácticos. Según Bransford et al. (2000), este tipo de aprendizaje mejora la transferencia del conocimiento a situaciones nuevas.

**Teoría de grafos.** Desde Euler (1736) hasta trabajos contemporáneos como los de Balaban (1985), Epp (2012) y Grimaldi (2014), la teoría de grafos ha demostrado ser una herramienta poderosa en la representación de redes químicas y moleculares. Balaban (1985) resalta que los grafos proporcionan un marco conceptual robusto para analizar estructuras moleculares

complejas. Trinajstić (2002) destaca su relevancia en modelar propiedades químicas como la estabilidad molecular y las rutas de reacción.

**Química analítica.** La química analítica se centra en identificar y cuantificar compuestos químicos. En este contexto, los modelos matemáticos, como los grafos, son esenciales para representar y analizar estructuras químicas complejas (Gutman & Popović, 2006). Además, permiten un enfoque sistemático en la comprensión de las interacciones moleculares, lo que contribuye a una mayor precisión de los análisis químicos (Sugiyarto, 2011).

## 2. Metodología

### Objetivos

#### Objetivo general

Proponer un marco teórico interdisciplinario que integre la teoría de grafos con la química analítica, fomentando el aprendizaje significativo y contextualizado en el nivel universitario.

#### Objetivos específicos

1. Identificar conceptos fundamentales de la teoría de grafos y su relación con los hidrocarburos.
2. Modelar estructuras moleculares de hidrocarburos empleando árboles enraizados como herramientas matemáticas.
3. Integrar los conceptos teóricos y aplicados para fortalecer el enfoque interdisciplinario en la enseñanza universitaria.

### Fases de la metodología

**Análisis conceptual.** Se realizó una revisión bibliográfica para identificar conceptos clave de la teoría de grafos y su aplicación en química analítica (Balaban, 1985; Epp, 2012; García Merayo, 2015; Grimaldi, 2014; Sugiyarto, 2011; Trinajstić, 2002). Este análisis permitió establecer una base teórica sólida para el desarrollo de la propuesta.

**Propuesta de actividades didácticas.** Se diseñaron actividades centradas en:

- Modelado de moléculas: Uso de grafos para representar alcanos y sus propiedades estructurales (Balaban, 1985).
- Representación de reacciones químicas: Representación de rutas de reacción utilizando grafos dirigidos (Sugiyarto, 2011).
- Resolución de problemas interdisciplinarios. Ejercicios en los que los estudiantes relacionen la conectividad en los grafos con propiedades químicas.

**Validación teórica.** El marco fue contrastado con enfoques interdisciplinarios establecidos en la literatura (Lederman, 2019; Schwartz, 2006), asegurando su coherencia y relevancia educativa.

**Enfoque didáctico.** El diseño adopta el modelo de contextualización científica para situar los contenidos en contextos aplicables, promoviendo el aprendizaje significativo (Bransford et al. 2000; National Research Council et al., 2000).

**Fundamentación metodológica.** La elección de una metodología teórica está respaldada por la importancia de construir marcos conceptuales que puedan ser adaptados a diversos contextos educativos (Flores et al. 2013; Sánchez, 2020).

### 3. Resultados

Partiendo de conceptos preliminares y aplicando la conversión adecuada, se identificó la representación de una molécula como un grafo y un grafo como un hidrocarburo, empleando la teoría de grafos en la química orgánica, centrándonos en los hidrocarburos más simples, los alcanos. Se analizaron varios compuestos químicos, clasificándolos según el número de átomos de carbono o vértices, considerándolos como árboles de grafos, incluyendo un árbol enraizado convertido en molécula. Este análisis permitió construir un puente entre las matemáticas y la química al modelar estructuras moleculares con herramientas gráficas.

Un hallazgo clave fue que los árboles enraizados, considerados como grafos dirigidos, ofrecieron una representación precisa y estructurada de las moléculas de hidrocarburos. Cada vértice correspondía a un átomo de carbono y cada arista representaba un enlace covalente simple. Al seguir las reglas de la IUPAC para el nombramiento de compuestos, se verificó que cualquier desviación en el orden establecido para los sustituyentes podría generar resultados incoherentes, destacando la necesidad de un enfoque riguroso en la modelización. Este proceso subrayó la utilidad de los métodos matemáticos no solo para representar, sino también para analizar y clasificar compuestos químicos.

Dada la relación formal entre los compuestos químicos de hidrocarburos alcanos y los grafos que los representan, se estableció que para cualquier compuesto químico de hidrocarburos alcanos, es posible construir un grafo tal que los vértices de representen los átomos de carbono y las aristas de representen los enlaces simples entre ellos. Además, se confirmó que un grafo contiene suficiente información para determinar la estructura o compuesto del alcano, aunque el recíproco no siempre sea válido, ya que no todos los grafos pueden representar un compuesto válido debido a las restricciones de la IUPAC.

Este análisis destacó que la teoría de grafos puede ser aplicada en química orgánica para mejorar la comprensión y clasificación de los hidrocarburos. Integrando definiciones clave y teoremas fundamentales, se construyó una base teórica robusta que no solo conecta estas dos disciplinas, sino que también ilustra su potencial en la educación superior. Finalmente, los resultados demostraron que esta integración interdisciplinaria promueve un aprendizaje significativo y contextualizado, preparando a los estudiantes para abordar problemas complejos desde una perspectiva holística y fundamentada.

#### 4. Discusión y conclusiones

La integración de la teoría de grafos con la química analítica demostró ser una herramienta eficaz para modelar estructuras moleculares, proporcionando una conexión clara entre conceptos matemáticos y químicos. Los árboles enraizados permitieron representar la estructura de hidrocarburos, resaltando su utilidad para el análisis químico estructural. Desde una perspectiva educativa, este enfoque interdisciplinario fortaleció la enseñanza en cursos universitarios al conectar conceptos abstractos con aplicaciones prácticas, fomentando el aprendizaje significativo.

Dada la relación formal entre los hidrocarburos alcanos y los grafos que los representan, las reglas de nomenclatura de la IUPAC operan de manera que los grafos dirigidos reflejan la estructura molecular precisa al considerar el sustituyente más cercano. Esto garantiza que la representación gráfica contenga suficiente información para determinar la estructura del compuesto químico, aunque no todos los grafos sean representaciones químicas válidas.

#### 5. Conclusiones

1. La identificación de conceptos fundamentales de la teoría de grafos y su relación con los hidrocarburos permitió establecer una base sólida para modelar compuestos químicos.
2. Los árboles enraizados facilitaron la representación gráfica de hidrocarburos, mostrando cómo los patrones estructurales reflejan propiedades químicas.
3. La integración de conceptos teóricos y aplicados demostró la efectividad de este enfoque en enriquecer la enseñanza universitaria y promover la interdisciplinariedad.
4. El marco teórico propuesto validó la relevancia de la contextualización educativa, ofreciendo un recurso valioso para fortalecer la formación académica en ciencias exactas y su aplicación pedagógica.

#### 6. Referencias bibliográficas

- Balaban, A. T. (1985). Applications of graph theory in organic chemistry. *Chemical Reviews*, 85(1), 1-42. <https://doi.org/10.1021/cr00069a001>
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (Expanded edition). National Academies Press.
- Epp, S. S. (2012). *Matemáticas discretas con aplicaciones*. Cengage Learning.
- Flores, M. D., Franco, M. E. V. E., Ricalde, D. C., Garduño, A. A. L., & Apáez, M. R. (2013). *Metodología de la investigación*. Editorial Trillas.
- García Merayo, F. (2015). *Matemática discreta*. Ediciones Paraninfo.

- Grimaldi, R. (2014). *Discrete and combinatorial mathematics: An applied introduction* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Gutman, I., & Popovic, T. (2006). Mathematical modeling in chemistry. *Croatica Chemica Acta*, 79(1), 1-15. <https://doi.org/10.5555/cca-2006-0123>
- Karisan, D., & Zeidler, D. L. (2017). Contextualization of nature of science within the socioscientific issues framework: A review of research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 139-152. <https://doi.org/10.18404/ijemst.270186>
- Lederman, N. G. (2019). Contextualizing the relationship between nature of scientific knowledge and scientific inquiry: Implications for curriculum and classroom practice. *Science & Education*, 28, 249-267. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00030-8>
- National Research Council, Board on Behavioral, Sensory Sciences, Committee on Developments in the Science of Learning, & Committee on Learning Research and Educational Practice. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (Expanded edition). National Academies Press.
- Sánchez, L., Herrera, M., & Sánchez, M. (2020). La investigación científica en la formación de estudiantes universitarios. *Paradigma*, 32(1), 409-436. <http://dx.doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.0.p409-436.id815>
- Schwartz, A. T. (2006). Contextualized chemistry education: The American experience. *International Journal of Science Education*, 28(9), 977-998. <https://doi.org/10.1080/09500690600702488>
- Sugiyarto, K. (2011). Applications of graph theory in chemical education. *Journal of Chemical Education*, 88(4), 1-8. <https://doi.org/10.1021/ed100812z>
- Trinajstić, N. (2002). *Chemical graph theory* (2nd ed.). CRC Press.

# Implementación de GeoGebra RA en la enseñanza de matemáticas: una perspectiva constructivista, sociológica y antropológica

## Implementation of GeoGebra AR in Mathematics Teaching: A Constructivist, Sociological, and Anthropological Perspective

Rafael Martínez<sup>1</sup>

### Resumen

Este estudio analiza la implementación de GeoGebra RA en la enseñanza de Análisis Matemático II, evaluando su efecto en la motivación y comprensión de los estudiantes. Se emplearon métodos constructivistas basados en la teoría de Vygotsky para fomentar el aprendizaje activo y colaborativo. Además, se incorporó la teoría de la estructuración de Giddens y la teoría de la cultura de aprendizaje de Cole para situar el aprendizaje en un contexto sociocultural. Los resultados indican una mejora significativa de la participación y comprensión de los conceptos geométricos, lo que respalda la efectividad de GeoGebra RA como herramienta educativa enriquecida por perspectivas teóricas y socioculturales diversas.

**Palabras clave:** GeoGebra, realidad aumentada, constructivismo, matemáticas.

### Abstract

This study analyzes the implementation of GeoGebra RA in the teaching of Mathematical Analysis II, evaluating its impact on student motivation and understanding. Constructivist methods based on Vygotsky's theory were used to encourage active and collaborative learning. Additionally, Giddens' structuration theory and Cole's learning culture theory are incorporated to place learning in a sociocultural context. The results indicate a significant improvement in participation and understanding of geometric concepts, supporting the effectiveness of GeoGebra RA as an educational tool enriched by diverse theoretical and sociocultural perspectives.

**Keywords:** GeoGebra, Augmented Reality, Constructivism, Mathematics.

<sup>1</sup> Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña (ISFODOSU). República Dominicana, rafael.martinez@isfodosu.edu.do, <https://orcid.org/0000-0001-8921-3771>

## 1. Introducción

El propósito de este estudio es evaluar la efectividad de la integración de GeoGebra RA en la enseñanza de Análisis Matemático II, desde una perspectiva constructivista, sociológica y antropológica. Se basa en las teorías de Vygotsky, Giddens y Cole, y busca entender cómo la realidad aumentada puede facilitar el aprendizaje colaborativo y activo al mejorar la comprensión de conceptos matemáticos en un contexto sociocultural relevante.

El avance tecnológico ha transformado significativamente diversos ámbitos de la vida, incluyendo la educación, en los que la incorporación de herramientas tecnológicas es esencial para desarrollar competencias adecuadas al siglo XXI. Entre estas tecnologías emergentes, la realidad aumentada (RA) se destaca por su potencial educativo al ofrecer oportunidades para mejorar la comprensión de conceptos abstractos a través de la visualización interactiva.

En el marco del Proyecto de Innovación Docente (PID) 2022-2023 titulado «GeoGebra RA: una herramienta en la resolución de problemas que involucra el desarrollo espacial y geométrico para estudiantes de la licenciatura en Matemáticas orientado a la educación secundaria FEM», liderado por Rafael Martínez, se implementó esta tecnología en la asignatura Análisis Matemático II. El proyecto se enfocó en explorar y evaluar el efecto del uso de GeoGebra en realidad aumentada como una herramienta educativa para la construcción y comprensión de sólidos de revolución.

La implementación de GeoGebra RA en la enseñanza de Matemáticas se fundamenta en principios teóricos clave. Desde una perspectiva constructivista, Vygotsky resalta que «el aprendizaje colaborativo facilitado por interacciones sociales y apoyo estructurado puede potenciar significativamente el desarrollo cognitivo de los estudiantes» (Vygotsky & Cole, 1978). Esto se refleja en la zona de desarrollo próximo (ZDP), en la que los estudiantes pueden alcanzar nuevos conocimientos con la ayuda de un guía más experto.

La herramienta GeoGebra RA permite la visualización interactiva de conceptos matemáticos abstractos, lo que apoya este enfoque constructivista al proporcionar «oportunidades para que los estudiantes interactúen activamente con modelos matemáticos complejos de una manera visual y tangible» (Hohenwarter & Preiner, 2007). Esto no solo promueve la comprensión profunda de los conceptos, sino que también fomenta la colaboración entre pares en entornos educativos.

Desde una perspectiva sociológica, la implementación de tecnologías como GeoGebra RA responde a la necesidad de preparar a los estudiantes para «entornos educativos y laborales cada vez más digitales, donde la colaboración y la resolución de problemas en equipo son competencias esenciales» (Prendes, 2015). Al interactuar con herramientas tecnológicas avanzadas en el aula, los estudiantes no solo adquieren habilidades matemáticas, sino también competencias digitales y sociales cruciales para su futuro.

En términos antropológicos, la adaptación de métodos educativos a entornos digitales reconoce «la importancia de integrar tecnologías que reflejen la realidad cultural y tecnológica de los estudiantes, enriqueciendo así su experiencia educativa» (Cañizales & Beltrán, 2017). GeoGebra RA no solo facilita el aprendizaje de conceptos matemáticos, sino que también

conecta el currículo con la realidad cultural y tecnológica contemporánea de los estudiantes, lo que mejora la relevancia y el efecto del aprendizaje.

La implementación de GeoGebra RA en la enseñanza de Matemáticas, respaldada por teorías constructivistas, sociológicas y antropológicas, no solo optimiza el aprendizaje de los estudiantes al facilitar la comprensión activa y colaborativa de los conceptos matemáticos.

La teoría de la estructuración de Giddens destaca la interacción dinámica entre las estructuras educativas y las acciones de los participantes, lo que sugiere que tecnologías como GeoGebra RA pueden transformar las prácticas tradicionales del aula al facilitar un aprendizaje más interactivo y adaptable (Giddens, 1995).

La teoría de la cultura de aprendizaje de Cole argumenta que el aprendizaje es un proceso situado culturalmente, influido por herramientas y prácticas específicas de cada cultura. En este contexto, GeoGebra RA se presenta como una herramienta cultural que mediatiza el aprendizaje matemático, lo que permite a los estudiantes interactuar con conceptos matemáticos de manera significativa y culturalmente relevante (Cole, 1984).

## 2. Metodología

Es un estudio de enfoque cuantitativo y alcance exploratorio-descriptivo. En primer lugar, fue aplicado un diagnóstico al inicio de la actividad pedagógica, para recoger información representativa que mostró las opiniones de los estudiantes sobre GeoGebra, su uso y manejo en la resolución de problemas geométricos.

Las actividades se desarrollaron de manera presencial en el segundo y tercer cuatrimestre de 2023, socializando la construcción de sólidos de revolución, los cuales forman parte del contenido del programa de la asignatura Análisis Matemático II, con el apoyo para tales fines de GeoGebra RA. Luego se aplicó un cuestionario final.

La validez externa del cuestionario diagnóstico (8 preguntas con valores de respuestas: mucho, algo y nada) y del cuestionario final (9 preguntas mixtas) se determinó aplicando el concierto de jueces expertos en las siguientes dimensiones: claridad, coherencia y pertinencia, que según García (2018) es un procedimiento que mide el índice de validez de contenido, que requiere rigor estadístico para que el cuestionario pueda ser usado para los fines para el cual fue construido. Posteriormente, se aplicó el método de Hernández-Nieto (2002) que arrojó los índices de validez .976 y .975 para el cuestionario diagnóstico y el cuestionario final, respectivamente, los cuales son excelentes.

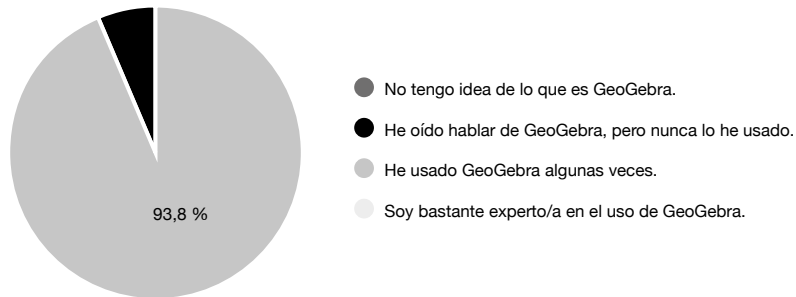
Para conocer el nivel de confiabilidad del cuestionario diagnóstico, este le fue aplicado a 16 estudiantes, usando el Alpha de Cronbach, por medio del paquete SPSS, obteniéndose el valor de .89, el cual es considerado bueno. Luego de las intervenciones áulicas, se aplicó el instrumento final en el que los participantes daban sus opiniones sobre el proceso.

Los resultados de la prueba diagnóstica se presentan en la Figura 1, en la que se observa lo siguiente: el 93.8 % de los discentes contesta que ha usado GeoGebra algunas veces, el 68.8 % opina que ha dedicado muy poco tiempo a explorar las funciones y características de

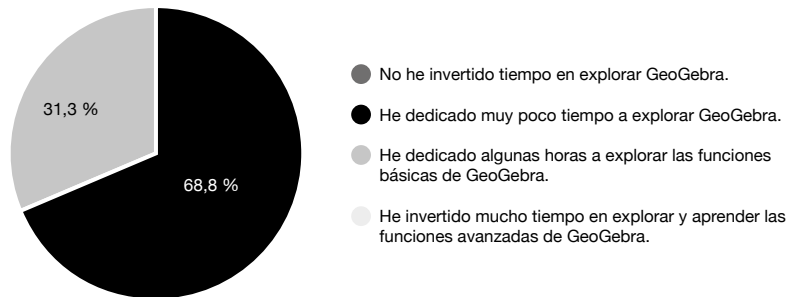
GeoGebra, y el 58.3 % de los estudiantes afirma que está dispuesto a invertir tiempo en aprender a utilizar GeoGebra y la realidad aumentada para mejorar tus habilidades matemáticas.

**Figura 1**  
Respuestas del diagnóstico

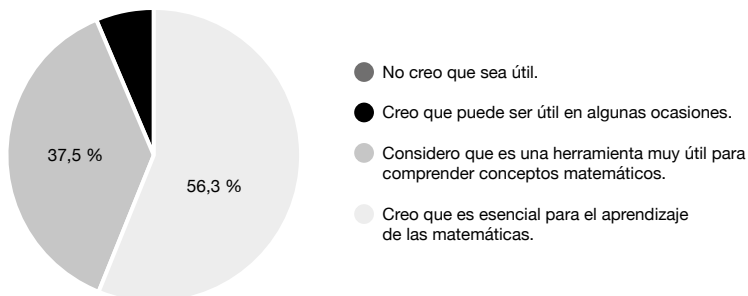
¿Qué nivel de familiaridad tienes con GeoGebra?



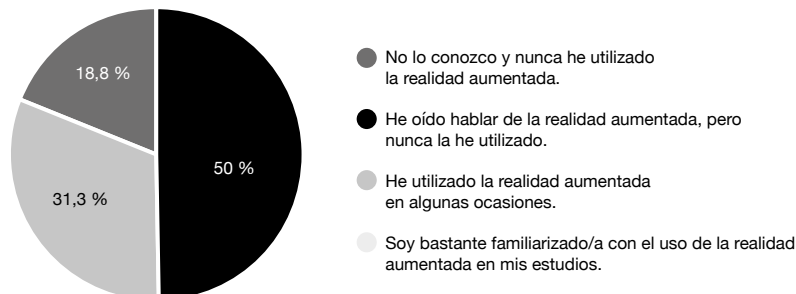
¿Cuánto tiempo has dedicado a explorar las funciones y características de GeoGebra?



¿Estás dispuesto/a a invertir tiempo en aprender a utilizar GeoGebra y la realidad aumentada para mejorar tus habilidades matemáticas?



¿Has utilizado alguna vez la realidad aumentada en tus estudios?

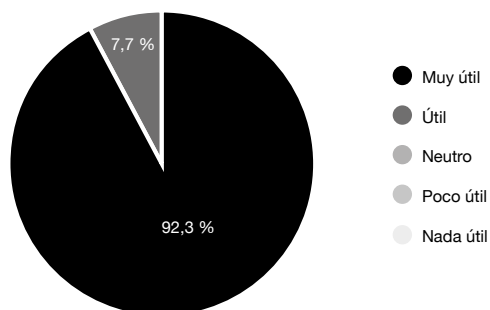


**Nota:** Elaborado por el investigador a partir de los resultados de la prueba diagnóstica.

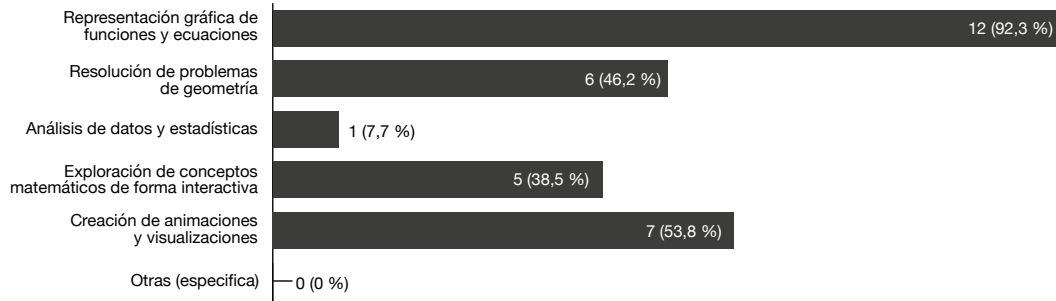
Por otra parte, luego de las intervenciones áulicas se les aplicó a los estudiantes un cuestionario de 9 preguntas de tipo mixto sobre sus opiniones del uso de GeoGebra RA en el aprendizaje de sólidos de revolución. Una parte de lo recabado está ilustrada en la Figura 2, en la que la totalidad de los estudiantes considera que las actividades de GeoGebra con realidad aumentada realizadas en las clases les ayudaron a entender la construcción de los sólidos de revolución, el 92.3 % opina que la realidad aumentada puede ser una herramienta útil para el aprendizaje de matemáticas, un 84.6 % piensa que las ventajas de la realidad aumentada en comparación con métodos de aprendizaje más tradicionales son mayor interactividad y participación del estudiante, y un 79 % piensa que la realidad aumentada apoya la comprensión de conceptos abstractos, la curiosidad y el interés por la materia. Además, los estudiantes consideran que la realidad aumentada permite ver elementos virtuales interactivos del mundo real que nos rodea y analizar sus propiedades.

**Figura 2**  
Respuestas del cuestionario final

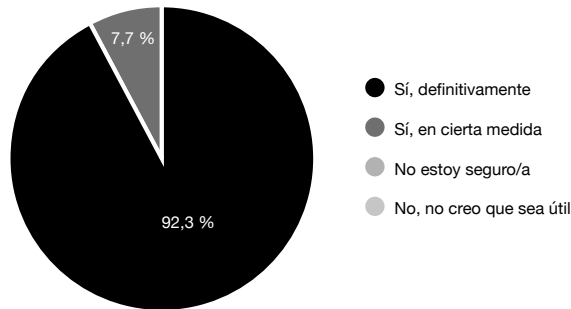
¿Qué tan útil crees que es GeoGebra como herramienta de aprendizaje en matemáticas o ciencias?



¿Qué aspectos destacarías sobre GeoGebra que te resulten más beneficiosos para tu aprendizaje? (Puedes seleccionar más de una opción)



¿Crees que la realidad aumentada puede ser una herramienta útil para el aprendizaje de matemáticas o ciencias?



¿Qué ventajas crees que tiene la realidad aumentada en comparación con métodos de aprendizaje más tradicionales? (Puedes seleccionar más de una opción)



**Nota:** Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario final.

## Discusión y conclusiones

Esta investigación de tipo exploratorio-descriptivo arrojó datos valiosos sobre las opiniones de los estudiantes acerca del uso de GeoGebra RA en el aprendizaje de la asignatura Análisis Matemático II. De acuerdo con lo recabado por medio del diagnóstico y el cuestionario de opiniones, se constata una alta motivación y participación. Además, los estudiantes valoraron positivamente los elementos de GeoGebra para afrontar las situaciones problemáticas, lo cual concuerda con lo encontrado por autores como León (2021), Muñoz Casado (2019), y Sombra del Río (2019).

Se observó la disposición de los estudiantes por conocer algo que para ellos es novedoso. Por lo tanto, fue aprovechada la temática de la asignatura Análisis Matemático II —en la que hay que hacer análisis, cálculos e ilustraciones— para implementar el uso de GeoGebra en sus procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, en particular el uso de GeoGebra RA en la construcción de sólido de revolución.

En el diagnóstico, cuando a los estudiantes se les hace la pregunta: ¿Has utilizado alguna vez la realidad aumentada en tus estudios?, se observa que el 50 % respondió: nunca la he utilizado, lo cual se puede comparar con las afirmaciones dadas por estos, después de la intervención, cuando la mayoría asegura que la realidad aumentada puede ser una herramienta útil para el aprendizaje de matemáticas.

Asimismo, los estudiantes expresaron que los elementos de GeoGebra RA son muy útiles para abordar la asignatura Análisis Matemático, y que además se sienten capaces de diseñar actividades que involucren el uso de GeoGebra en sus futuras clases de matemáticas.

La implementación de GeoGebra RA en Análisis Matemático II demostró ser efectiva en mejorar la comprensión y retención de conceptos geométricos. Las teorías de Vygotsky, Giddens y Cole proporcionaron fundamentos teóricos sólidos: Vygotsky para fomentar el aprendizaje colaborativo, Giddens para entender cómo las tecnologías transforman las estructuras educativas, y Cole para contextualizar el aprendizaje en entornos culturales pertinentes. Los estudiantes valoraron positivamente la interactividad y novedad de la herramienta, lo que sugiere un potencial significativo para su aplicación en otros contextos educativos.

## Referencias bibliográficas

- Muñoz Casado, J. L. (2019). Realidad aumentada con GeoGebra. *Suma: Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas*, 91, 73-80. <https://acortar.link/Pv6q16>
- Cañizález, P. C. T., & Beltrán, J. K. C. (2017). Tecnología educativa y su papel en el logro de los fines de la educación. *Educere*, 21(68), 31-40. <https://acortar.link/j8KdhN>
- Cole, M. (1984). La zona de desarrollo próximo: donde cultura y conocimiento se generan mutuamente. *Infancia y aprendizaje*, 7(25), 3-17. <https://acortar.link/7DL3Ee>
- García, R. (2018). Desenho e construção de um instrumento de avaliação da competência matemática: aplicabilidade prática de um julgamento de especialistas. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 26(99), 347-372. <https://url-shortener.me/7LQ>

- Giddens, A. (1995). *La teoría de la estructuración*. Cuadernos de Sociología, UBA-Facultad de Ciencias Sociales, Buenos Aires, 49-76. <https://acortar.link/1HWq3o>
- Hohenwarter, M., Preiner, J., & Yi, T. (2007). Incorporating GeoGebra into teaching mathematics at the college level. En *Proceedings of the International Conference for Technology in Collegiate Mathematics 2007*. <https://acortar.link/F2gaah>
- Hernández-Nieto, R. (2002). *Instrumentos de recolección de datos en ciencias sociales y ciencias biomédicas*. Universidad de Los Andes. <https://url-shortener.me/7LJ>
- León, N. (2021). Realidad aumentada como recurso didáctico para el aprendizaje significativo de la geometría espacial. Universidad de Cartagena. <https://acortar.link/NWVqQX>
- Prendes Espinosa, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203. <https://acortar.link/7OJVFI>
- Sombra del Río, L. (2019). Los mil y un aportes de GeoGebra al estudio de la Geometría Tridimensional. *Epsilon: Revista de la Sociedad Andaluza de Educación Matemática «Thales»*, 103, 89-97. <https://acortar.link/fljVkw>
- Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

## Anexos:

