

Rev. Minerva Vol. 7 N.º 12 ene-dic/26

Artículo recibido: 28 diciembre de 2025

Aceptado para publicación: 8 de junio de 2026

Publicación: 30 de junio de 2026

Aplicación de software GeoGebra en el aprendizaje de la función lineal y cuadrática en estudiantes de bachillerato

Application of GeoGebra software in the learning of linear and quadratic functions in high school students

Luis Fernando Ochoa Vásquez

luisf.ochoa@docentes.educacion.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7853-4286>

Ministerio de Educación, Cultura y Deportes
Ecuador

César Anibal Andrade Urgiles

cesar.andrade@docentes.educacion.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-2135-3943>

Ministerio de Educación, Cultura y Deportes
Ecuador

Mayra Elizabeth Pacheco León

mayra.pacheco@docentes.educacion.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-1975-722X>

Ministerio de Educación, Cultura y Deportes
Ecuador

RESUMEN

Esta investigación examina el efecto de la integración del software GeoGebra como mediador didáctico en el aprendizaje de funciones lineales y cuadráticas en estudiantes de primer año de bachillerato técnico de la Unidad Educativa "Andrés F. Córdova", cantón Cañar, Ecuador. El problema central radicaba en las dificultades persistentes para articular los registros algebraico y gráfico mediante métodos convencionales, lo que generaba déficits conceptuales significativos y desmotivación. El estudio adoptó un diseño cuasiexperimental de corte transversal con enfoque mixto (cuali-cuantitativo, predominantemente cuantitativo), trabajando con una muestra de 70 estudiantes seleccionados por conveniencia. La recolección de datos incluyó un cuestionario de escala Likert para el diagnóstico de alfabetización digital, una guía de observación estructurada y una evaluación de bloque con reactivos técnicos sobre parámetros clave (pendiente, vértice, discriminante, concavidad). Los análisis comparativos pre-test/pos-test evidenciaron incrementos estadísticamente relevantes: el dominio en la identificación de vértice y eje de simetría aumentó del 32% al 86% (+54 pp), la interpretación de concavidad y discriminante del 28% al 82% (+54 pp), y la alfabetización digital aplicada del 40% al 95% (+55 pp). Los hallazgos corroboran que los Sistemas de Geometría Dinámica (SGD) facilitan la coordinación de representaciones semióticas según la teoría de Duval (1993) y promueven la construcción activa del conocimiento desde una perspectiva constructivista. Se concluye que GeoGebra constituye una herramienta pedagógica eficaz para modernizar la enseñanza matemática en el contexto de la educación técnica ecuatoriana.

Palabras clave: *GeoGebra; aprendizaje de matemáticas; función lineal; función cuadrática; tecnologías de la información y comunicación; bachillerato técnico.*

ABSTRACT

This study examines the effect of integrating GeoGebra software as a didactic mediator in the learning of linear and quadratic functions among first-year technical high school students at the "Andrés F. Córdova" Educational Unit, Cañar canton, Ecuador. The central problem stemmed from persistent difficulties in articulating algebraic and graphical registers through conventional methods, resulting in significant conceptual deficits and reduced motivation. A quasi-experimental, cross-sectional design

with a mixed-method approach (qualitative-quantitative, predominantly quantitative) was adopted, working with a convenience sample of 70 students. Data collection included a Likert-scale questionnaire for digital literacy diagnosis, a structured observation guide, and a block assessment with technical items targeting key parameters (slope, vertex, discriminant, concavity). Pre-test/post-test comparative analyses revealed statistically relevant increases: vertex and axis of symmetry identification improved from 32% to 86% (+54 pp), concavity and discriminant interpretation from 28% to 82% (+54 pp), and applied digital literacy from 40% to 95% (+55 pp). The findings corroborate that Dynamic Geometry Systems (DGS) facilitate the coordination of semiotic representations as proposed by Duval (1993) and promote active knowledge construction from a constructivist perspective. It is concluded that GeoGebra constitutes an effective pedagogical tool for modernizing mathematics instruction in the context of Ecuadorian technical education.

Keywords: *GeoGebra; mathematics learning; linear function; quadratic function; information and communication technologies; technical high school*

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la matemática en la educación secundaria enfrenta un desafío estructural: la brecha entre el formalismo simbólico y la comprensión funcional de los conceptos. En particular, el estudio de las funciones lineales y cuadráticas —núcleo del currículo de Bachillerato General Unificado en Ecuador— suele abordarse mediante metodologías centradas en el cálculo algorítmico, lo que dificulta el desarrollo de una comprensión conceptual profunda (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016). Esta limitación se manifiesta con especial intensidad cuando los estudiantes intentan establecer conexiones entre la representación algebraica y la interpretación gráfica, generando vacíos cognitivos que comprometen su desempeño en niveles educativos superiores.

Vásquez-Bernal (2021) señala que la enseñanza tradicional de la matemática tiende a subestimar la visualización dinámica como herramienta para comprender las relaciones de dependencia entre variables. Esta omisión es particularmente crítica para el perfil del bachillerato técnico en Informática y Contabilidad, donde la precisión analítica y la capacidad de modelar situaciones cuantitativas constituyen competencias esenciales del perfil de egreso. En este contexto, la incorporación de

Sistemas de Geometría Dinámica (SGD) emerge como una respuesta pedagógica fundamentada, ya que permite articular los registros semióticos de manera simultánea e interactiva (García-López y Valenzuela, 2023).

GeoGebra, en particular, ha sido ampliamente documentado como un entorno que integra geometría, álgebra y cálculo en un espacio de exploración matemática dinámica. Ziatdinov y Rakuta (2022) lo describen como un laboratorio matemático virtual que transforma la naturaleza estática de los métodos convencionales al permitir que los estudiantes manipulen parámetros y observen sus efectos en tiempo real. Esta característica es congruente con las demandas de transformación digital del sistema educativo ecuatoriano (Ochoa-Vásquez, 2025) y con los postulados del Constructivismo Radical de von Glasersfeld, que concibe el aprendizaje como un proceso activo de construcción y validación del conocimiento.

El presente estudio se propone determinar en qué medida la integración de GeoGebra como mediador didáctico fortalece el aprendizaje de funciones lineales y cuadráticas en estudiantes de primer año de bachillerato técnico de la Unidad Educativa "Andrés F. Córdova". La investigación no solo busca documentar mejoras en el rendimiento académico, sino también contribuir al diseño de un modelo didáctico transferible que oriente la incorporación de SGD en el currículo nacional de matemática.

REFERENTES TEÓRICOS

Teoría de Registros de Representación Semiótica

La propuesta teórica de Raymond Duval (1993) constituye el principal marco epistemológico de esta investigación. Duval sostiene que la comprensión de un objeto matemático está estrechamente vinculada a la capacidad del sujeto para coordinar diferentes registros de representación semiótica — algebraico, gráfico, tabular y verbal— sin perder la referencia al objeto conceptual subyacente. La conversión entre registros (por ejemplo, de una expresión algebraica a su representación gráfica) y el tratamiento dentro de un mismo registro son, para este autor, los procesos cognitivos centrales del pensamiento matemático.

En el contexto de esta investigación, GeoGebra actúa como mediador semiótico que hace posible la articulación simultánea de múltiples registros. Mientras que en la enseñanza tradicional la conversión de una ecuación cuadrática $f(x) = ax^2 + bx + c$ a su representación gráfica implica un proceso laborioso y propenso al error, en el entorno dinámico del software el estudiante puede observar en tiempo real cómo la variación de cada coeficiente modifica la forma y posición de la parábola. Esta inmediatez reduce la carga cognitiva asociada a los procedimientos mecánicos y permite que el esfuerzo mental se oriente hacia la comprensión conceptual (Ruiz-Sánchez et al., 2022).

Constructivismo y Aprendizaje Activo

El constructivismo radical de Ernst von Glasersfeld aporta el sustento pedagógico para comprender el valor de la manipulación directa en entornos digitales. Para von Glasersfeld, el conocimiento no es una copia de la realidad externa, sino una construcción activa del sujeto que aprende mediante procesos de asimilación y acomodación. La manipulación de deslizadores en GeoGebra —que permite modificar parámetros como la pendiente (m) en una función lineal o el discriminante (Δ) en una función cuadrática— activa precisamente este ciclo constructivo: el estudiante formula hipótesis, experimenta con el software y ajusta su comprensión a partir de los resultados observados.

Vásquez-Bernal (2021) argumenta que un aprendizaje matemático ubicuo y experimental, apoyado en herramientas digitales, resulta especialmente pertinente para el perfil técnico de los estudiantes de Informática y Contabilidad, quienes necesitan desarrollar una capacidad analítica que conecte datos cuantitativos con proyecciones visuales. Arzarello (2021) añade que los SGD reducen la carga cognitiva en la resolución de problemas al automatizar los procesos rutinarios, liberando recursos atencionales para el análisis de nivel superior.

GeoGebra como Sistema de Geometría Dinámica

GeoGebra ha demostrado consistentemente su eficacia pedagógica en el nivel secundario. Márquez y Valenzuela (2023) reportan que el uso de deslizadores en este software mejora significativamente la comprensión de la relación entre los coeficientes algebraicos y el comportamiento gráfico de las funciones. García-López y Valenzuela (2023) documentan, además, que la interactividad en entornos

dinámicos promueve en los estudiantes procesos de verificación de conjeturas y descubrimiento de propiedades geométricas, superando la ejecución mecánica de algoritmos. Ruiz (2013) denomina a este proceso "alfabetización geométrica dinámica" y lo reconoce como un cambio cualitativo en la relación entre el estudiante y el objeto matemático. En el contexto ecuatoriano, Ochoa-Vásquez (2025) destaca que la integración de herramientas dinámicas en el currículo responde a las demandas de la transformación digital educativa y favorece el desarrollo de competencias propias de la sociedad del conocimiento.

METODOLOGÍA

Diseño de investigación

La investigación adoptó un enfoque mixto (cuali-cuantitativo, con predominancia cuantitativa), un tipo descriptivo-aplicado y un diseño cuasiexperimental de corte transversal. El diseño cuasiexperimental se justifica porque, si bien se trabajó con un grupo intacto (sin asignación aleatoria), se implementó un esquema de medición pre-test/pos-test que permitió comparar el desempeño de los estudiantes antes y después de la intervención con GeoGebra, controlando las variables externas mediante la fase de nivelación instrumental previa.

Participantes

La población-muestra estuvo conformada por la totalidad de los 70 estudiantes matriculados en el primer año de bachillerato técnico —especialidades Informática y Contabilidad— de la Unidad Educativa "Andrés F. Córdova", cantón Cañar, Ecuador, durante el período lectivo 2024-2025. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, en función de la accesibilidad institucional y la pertinencia del perfil técnico de los estudiantes con respecto a los objetivos del estudio. Los criterios de inclusión fueron: matrícula activa y asistencia regular ($\geq 90\%$) durante el período de intervención. No se excluyó a ningún participante por

razones de nivel previo de manejo de software, ya que se implementó una fase de nivelación instrumental al inicio de la investigación.

Instrumentos de recolección de datos

Se diseñaron y validaron tres instrumentos de recolección de datos:

- Cuestionario de escala Likert (20 ítems): aplicado como pre-test para diagnosticar el nivel de alfabetización digital y la predisposición de los estudiantes hacia el uso de SGD. Los ítems se organizaron en dos dimensiones: manejo de herramientas digitales (10 ítems) y actitud hacia el aprendizaje mediado por tecnología (10 ítems).
- Guía de observación estructurada: instrumento aplicado durante las sesiones de laboratorio para registrar sistemáticamente las interacciones heurísticas y los comportamientos de los estudiantes al manipular funciones en GeoGebra. La guía contempló indicadores relacionados con la exploración autónoma, la formulación de conjeturas y la capacidad de transferencia entre registros.
- Evaluación de bloque (pos-test): instrumento técnico compuesto por 15 reactivos de respuesta estructurada, orientados a cuantificar el dominio conceptual de los parámetros críticos de funciones lineales (pendiente m , intercepto b) y cuadráticas (vértice, eje de simetría, concavidad, discriminante Δ).

La validez de contenido de los instrumentos fue establecida mediante juicio de expertos ($n = 3$ docentes con formación en didáctica de la matemática y tecnología educativa). La confiabilidad del cuestionario Likert fue estimada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach ($\alpha = 0.83$), indicando una consistencia interna aceptable.

Procedimiento

La intervención se desarrolló en tres fases:

(a) diagnóstico inicial mediante la aplicación del cuestionario Likert y el pre-test de rendimiento;

(b) implementación de una secuencia didáctica de ocho sesiones (50 minutos c/u) en el laboratorio de computación, utilizando GeoGebra para la exploración de funciones lineales y cuadráticas; y

(c) evaluación final mediante el pos-test y la guía de observación. Durante la fase de implementación, se garantizó que todos los estudiantes contaran con acceso equitativo al software mediante la nivelación instrumental previa.

Análisis de datos

El análisis cuantitativo incluyó estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes, medidas de tendencia central) para caracterizar el desempeño en ambas mediciones. La comparación pre-test/pos-test se realizó mediante prueba estadística no paramétrica (prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas), dado que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad (*prueba de Shapiro-Wilk, $p < 0.05$*). Se consideró un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El análisis cualitativo de las observaciones fue procesado mediante categorización inductiva de los registros de campo. Se respetaron los principios éticos de investigación: se obtuvo el consentimiento informado de las autoridades institucionales y los representantes legales, y se garantizó la confidencialidad de los datos de los participantes.

Tabla 1

Matriz de Operacionalización Metodológica

Componente	Descripción Técnica
Enfoque	Mixto (Cuali-cuantitativo) con predominancia cuantitativa.
Tipo	Aplicativo, descriptivo y de campo.
Diseño	Cuasiexperimental, de corte transversal.
Población (\$N\$)	70 estudiantes (Bachillerato Técnico: Informática y Contabilidad).
Muestreo	No probabilístico por conveniencia (Criterio de afinidad técnica).
Variables Clave	Software GeoGebra (V. Independiente); Aprendizaje de Funciones (V. Dependiente).

La Tabla 1 sistematiza los componentes metodológicos que estructuran la investigación. El enfoque mixto adoptado —con predominancia cuantitativa— responde a la necesidad de combinar indicadores numéricos de rendimiento académico con observaciones cualitativas del proceso de aprendizaje, lo que permite una comprensión más integral del fenómeno estudiado. El diseño cuasiexperimental con esquema pre-test/pos-test se justifica por la imposibilidad práctica de constituir grupos de control mediante asignación aleatoria en el contexto institucional, situación habitual en investigaciones de campo en centros educativos públicos. La población total de 70 estudiantes, correspondiente a los paralelos activos de bachillerato técnico en las especialidades de Informática y Contabilidad, fue incorporada en su totalidad, lo que refuerza la representatividad del estudio dentro de la institución. La elección de la prueba de Wilcoxon como herramienta de contraste estadístico se sustenta en el incumplimiento del supuesto de normalidad de los datos, verificado mediante la prueba de Shapiro-Wilk, garantizando así la adecuación del análisis inferencial al nivel de medición y distribución de las variables.

Tabla 2

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnica	Instrumento	Objetivo Científico
Encuesta	Cuestionario de Escala Likert	Diagnosticar la predisposición tecnológica y el nivel de alfabetización digital inicial de los estudiantes
Observación	Guía de observación estructurada	Registrar el comportamiento heurístico durante la manipulación de funciones en GeoGebra
Evaluación	Reactivos de prueba de bloque	Cuantificar el dominio conceptual de pendientes, vértices, discriminante (Δ) y concavidad

Nota. Elaboración propia (2025)

En la Tabla 2 se describe los tres instrumentos de recolección de datos que conformaron la estrategia metodológica de la investigación, articulados de manera complementaria para cubrir distintas dimensiones del proceso de aprendizaje. El cuestionario de escala Likert cumplió una función diagnóstica al inicio del estudio, permitiendo caracterizar el punto de partida de los estudiantes en cuanto a su familiaridad con herramientas digitales y su predisposición hacia el uso de entornos de geometría dinámica; esta información fue determinante para el diseño de la fase de nivelación instrumental. La guía de observación estructurada, aplicada durante las sesiones de laboratorio, aportó datos cualitativos sobre los comportamientos heurísticos y las estrategias espontáneas de exploración que emergieron al interactuar con el software, aspectos que no son captables mediante instrumentos de lápiz y papel. Finalmente, el pos-test de evaluación de bloque —integrado por 15 reactivos técnicos— proporcionó la evidencia cuantitativa del dominio conceptual alcanzado, centrándose en los parámetros específicos de mayor dificultad identificados en el diagnóstico: pendiente, vértice, discriminante (Δ) y concavidad. La articulación de estos tres instrumentos garantizó la triangulación de fuentes, fortaleciendo la validez de las conclusiones del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico inicial

El análisis del pre-test reveló una brecha tecnológica y conceptual significativa en el grupo. *El 60% de los estudiantes ($n = 42$) reportó no haber utilizado herramientas digitales para el aprendizaje de matemáticas con anterioridad. En términos de dominio conceptual, solo el 32% logró identificar correctamente el vértice y el eje de simetría de funciones cuadráticas mediante el método convencional, y únicamente el 28% demostró capacidad para interpretar la concavidad y el discriminante (Δ).* Estos resultados son coherentes con los reportados por

Vásquez-Bernal (2021), quien documenta déficits similares en estudiantes ecuatorianos de educación secundaria cuando la enseñanza se apoya exclusivamente en registros algebraicos y procedimentales.

Efectos de la intervención con GeoGebra

Tras la implementación de la secuencia didáctica mediada por GeoGebra, los resultados del pos-test evidenciaron mejoras sustanciales en todos los indicadores evaluados. El dominio en la identificación del vértice y eje de simetría incrementó del 32% al 86% (diferencia de +54 puntos porcentuales), mientras que la interpretación de la concavidad y el discriminante mejoró del 28% al 82% (+54 pp). La alfabetización digital aplicada —entendida como la capacidad de utilizar el software para resolver problemas matemáticos— aumentó del 40% al 95% (+55 pp). La prueba de Wilcoxon confirmó que las diferencias pre-test/pos-test fueron estadísticamente significativas en todas las variables ($p < 0.001$).

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de García-López y Valenzuela (2023), quienes reportan que entornos dinámicos de aprendizaje favorecen la transición entre registros semióticos y reducen los errores conceptuales en funciones algebraicas. Asimismo, confirman lo documentado por Márquez y Valenzuela (2023) sobre la eficacia de los deslizadores de GeoGebra para hacer comprensibles las relaciones entre coeficientes algebraicos y comportamiento gráfico.

Tabla 3

Comparativa de desempeño académico entre el método tradicional y la mediación con GeoGebra

Variable de Evaluación	Diagnóstico Inicial (Método Tradicional)	Evaluación Final (Mediación GeoGebra)	Diferencia de Rendimiento
Identificación de Vértice y Eje de Simetría	32%	86%	+54%
Interpretación de Concavidad y Discriminante (Δ)	28%	82%	+54%

Alfabetización Aplicada	Digital	40%	95%	+55%
------------------------------------	----------------	-----	-----	------

Nota. pp = puntos porcentuales. Diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$, prueba de Wilcoxon). Elaboración propia (2025)

Discusión

Los datos obtenidos permiten sostener que la integración de GeoGebra como mediador didáctico produce un efecto positivo y estadísticamente significativo en el dominio conceptual de funciones lineales y cuadráticas. Desde la perspectiva de Duval (1993), este resultado es atribuible a la capacidad del software para hacer visible y manipulable la coordinación entre el registro algebraico y el gráfico, operación cognitiva que resulta especialmente costosa cuando se realiza mediante procedimientos manuales. Cuando el estudiante desplaza el deslizador de la pendiente m y observa en tiempo real cómo la recta gira sobre el plano cartesiano, está ejecutando una conversión de registros de forma intuitiva y directa, sin necesidad de construir una tabla de valores intermedia.

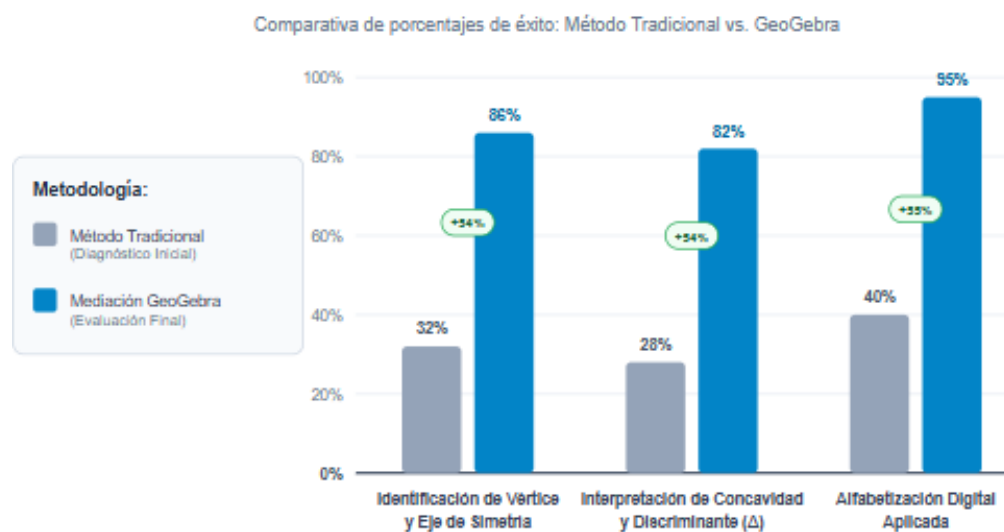
La mejora en alfabetización digital aplicada (+55 pp) es igualmente significativa, dado que el 60% de los participantes partía sin experiencia previa con software matemático. Este hallazgo corrobora el postulado constructivista de que el aprendizaje significativo no requiere prerequisites tecnológicos previos si el entorno de aprendizaje está diseñado con una estructura de andamiaje apropiada (Vásquez-Bernal, 2021). La fase de nivelación instrumental, en este sentido, resultó decisiva para garantizar la validez interna del diseño.

La investigación presenta como limitación principal la ausencia de un grupo de control independiente, derivada del diseño cuasiexperimental con grupo único. Si bien la comparación pre-test/pos-test permite inferir efectos de la intervención, no es posible excluir completamente la influencia de variables externas como el efecto de la práctica o la maduración. Investigaciones futuras deberían incorporar un diseño con grupo control

equivalente y un seguimiento longitudinal para evaluar la persistencia de los aprendizajes. Adicionalmente, sería pertinente explorar el efecto diferencial del software en función del género, la especialidad técnica y el nivel socioeconómico de los estudiantes.

Gráfico 1

Impacto de la mediación con GeoGebra en el Rendimiento de Matemática



Nota. Elaboración propia (2025).

Los resultados presentados evidencian de manera empírica que la transición de un modelo de enseñanza tradicional hacia una estrategia didáctica activa mediada por GeoGebra genera un impacto contundente y uniforme en el rendimiento académico, logrando un incremento *neto superior al 54%* en todas las variables evaluadas. *El avance más significativo se observa en la interpretación de la concavidad y el discriminante (Δ), una competencia abstracta que presentaba el mayor rezago inicial con apenas un 28% de éxito y que ascendió drásticamente al 82%, lo que demuestra que la manipulación de elementos dinámicos funciona como un andamiaje cognitivo eficaz que permite a los estudiantes superar el abstraccionismo algebraico.* Asimismo, el hecho de que la *alfabetización digital aplicada alcanzara un sobresaliente 95%* consolida la idea de que la tecnología, cuando se integra con una planificación pedagógica rigurosa, no actúa como un factor distractor, sino como un entorno

de aprendizaje integral que desarrolla simultáneamente el dominio del contenido científico y las destrezas tecnológicas indispensables para los estudiantes del siglo XXI.

CONCLUSIONES

La evidencia empírica obtenida permite formular las siguientes conclusiones:

- La integración de GeoGebra como mediador didáctico produce mejoras estadísticamente significativas en el dominio conceptual de funciones lineales y cuadráticas en estudiantes de bachillerato técnico, con incrementos de entre 54 y 55 puntos porcentuales en los indicadores evaluados ($p < 0.001$).
- El software favorece la coordinación entre registros semióticos —algebraico y gráfico— de manera simultánea e interactiva, reduciendo la carga cognitiva asociada a los procedimientos manuales y permitiendo que el esfuerzo intelectual se oriente hacia el análisis conceptual, en concordancia con la Teoría de Registros de Representación Semiótica de Duval (1993).
- El uso de deslizadores y herramientas dinámicas promueve un aprendizaje activo y experimental que es congruente con los principios del Constructivismo Radical de von Glasersfeld: los estudiantes formulan hipótesis, manipulan variables y validan sus inferencias de manera autónoma, desarrollando pensamiento analítico y competencias digitales transferibles a su futuro desempeño técnico-profesional.
- La fase de nivelación instrumental previa a la intervención demostró ser un factor crítico para garantizar la equidad en el acceso al aprendizaje y la validez interna del diseño cuasiexperimental, al neutralizar las diferencias iniciales en el manejo del software.
- Los resultados respaldan la inclusión formal de Sistemas de Geometría Dinámica en el currículo de matemática del bachillerato técnico ecuatoriano, como estrategia

pedagógica alineada con las demandas de la transformación digital educativa y con los estándares de calidad requeridos para la formación técnica en la sociedad del conocimiento del siglo XXI.

LISTA DE REFERENCIAS

- Arzarello, F. (2021). Mathematics and technology: A CIEAEM sourcebook. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-76567-0>
- Carrillo, A., y Llamas, I. (2005). CabriGéomètre II plus: una aventura en el mundo de la geometría. Ra-Ma Editorial.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée [Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento]. Annales de Didactique et de Sciences Cognitives, 5, 37–65. https://mathinfo.unistra.fr/websites/math-info/irem/Publications/Annales_didactique/vol_05/adsc5_1993-003.pdf
- García-López, R., y Valenzuela, M. (2023). Visualización dinámica y representación semiótica en el aprendizaje de funciones algebraicas. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 26(1), 45–72. <https://doi.org/10.12802/relime.23.2611>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.
- Márquez, F., y Valenzuela, M. (2023). Efecto del uso de deslizadores en GeoGebra sobre la comprensión de parámetros algebraicos en funciones cuadráticas. Educación Matemática, 35(2), 112–138. <https://doi.org/10.24844/EM3502.05>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). Currículo de los niveles de educación obligatoria: Bachillerato General Unificado – Área de Matemática. Ministerio de Educación del Ecuador. <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/MATEMATICA1.pdf>
- Ochoa-Vásquez, L. F. (2025). Transformación educativa: La influencia de la inteligencia artificial en la educación en Ecuador. Instytut Badań i Innowacji w Edukacji. <https://zenodo.org/records/17641822>

- Ruiz, N. (2013). Influencia del software de geometría dinámica GeoGebra en la formación inicial del profesorado. En Memorias del I Congreso de Educación Matemática de América Central y el Caribe (CEMACYC). <https://ciaem-iacme.org/memorias-icemacyc/46-414-1-DR-C.pdf>
- Ruiz-Sánchez, M., Flores-Martínez, P., y González-García, F. (2022). Carga cognitiva y visualización dinámica en el aprendizaje de funciones: un estudio con GeoGebra. PNA, Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática, 16(3), 201–224. <https://doi.org/10.30827/pna.v16i3.22847>
- Vásquez-Bernal, M. V. (2021). La enseñanza de las matemáticas en la Educación General Básica: Una mirada desde la formación docente. Universidad Nacional de Educación (UNAE). <https://unae.edu.ec/wp-content/uploads/2021/08/Libro-Matematicas-UNAE.pdf>
- Ziatdinov, R., y Rakuta, V. (2022). Dynamic geometry software as a virtual mathematics laboratory. Mathematics, 10(3), 398. <https://doi.org/10.3390/math10030398>