



Roberto Paúl Sinilín-Quimuña

E-mail: walapol@ube.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-5836-6176>

Wilmer Alberto Lapo-Lima

E-mail: rpsiniling@ube.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-5246-5584>

Maricela Elizabeth Sánchez-Morante

E-mail: mesanchezm@ube.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2647-5269>

Universidad Bolivariana del Ecuador. Guayaquil, Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Sinilín-Quimuña, R. P., Lapo-Lima, W. A., & Sánchez-Morante, M. E. (2026). Estrategias didácticas apoyadas en los registros semióticos de Duval para la enseñanza de ecuaciones lineales en décimo año. *Revista Sociedad & Tecnología*, 9(S2), 1634-1647, DOI: 10.51247/st.v9iS2.838.

==== o ====

Estrategias didácticas apoyadas en los registros semióticos de Duval para la enseñanza de ecuaciones lineales en décimo año

RESUMEN

La enseñanza del álgebra, particularmente de las ecuaciones lineales, enfrenta desafíos persistentes debido a prácticas tradicionales que priorizan la mecanización de algoritmos sobre la comprensión conceptual. Ante esta realidad, la presente investigación se fundamentó en la teoría de los registros semióticos de Duval para fortalecer el pensamiento matemático. El objetivo principal fue analizar cómo incide la implementación de estrategias didácticas, basadas en la coordinación de múltiples representaciones, en la comprensión y resolución de ecuaciones lineales en estudiantes de décimo año. Metodológicamente, el estudio adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño cuasi experimental de pretest y postest, aplicado a una muestra intencional de 60 estudiantes. Durante la intervención, se ejecutaron actividades diseñadas para fomentar la conversión y el tratamiento entre los registros algebraicos, gráficos, verbales y tabulares. Los resultados evidencian una mejora significativa en el desempeño académico de los estudiantes y una notable reducción de los errores asociados a la interpretación de igualdades y procesos de transposición. Se concluye que superar la enseñanza centrada en un único registro favorece la construcción de aprendizajes profundos, lo que valida la pertinencia de estas estrategias para desarrollar competencias algebraicas sólidas en el nivel medio.

Palabras clave: Ecuaciones lineales, Registros semióticos de Duval, Estrategias de enseñanza, Pensamiento algebraico, Álgebra, Semiótica.

Teaching linear equations through duval's semiotic registers: didactic strategies in tenth grade.

ABSTRACT

The teaching of algebra, particularly linear equations, faces persistent challenges due to traditional practices that prioritize the mechanization of algorithms over conceptual understanding. Addressing this reality, this research was grounded in Duval's theory of semiotic registers to strengthen mathematical thinking. The primary objective was to analyze the impact of implementing instructional strategies, based on the coordination of multiple representations, on the understanding and resolution of linear equations among tenth-grade students. Methodologically, the study adopted a quantitative approach with a quasi-experimental pretest and posttest design, applied to a purposive sample of 60 students. During the intervention, activities designed to foster conversion and treatment among algebraic, graphic, verbal, and tabular registers were implemented. The results demonstrate a significant improvement in student academic performance and a notable reduction in errors associated with the interpretation of equalities and transposition processes. It is concluded that moving beyond single-register instruction fosters deep learning, validating the relevance of these strategies for developing solid algebraic competencies at the secondary level.

Keywords: Linear equations, Duval's semiotic registers, Teaching strategies, Algebraic thinking, Algebra, Semiotics.

==== o ====

Estratégias de ensino baseadas nos registos semióticos de Duval para o ensino de equações lineares no 10º Ano

RESUMO

O ensino da álgebra, particularmente das equações lineares, enfrenta desafios persistentes devido às práticas tradicionais que priorizam a memorização mecânica de algoritmos em detrimento da compreensão conceptual. Perante esta realidade, a presente pesquisa baseou-se na teoria dos registos semióticos de Duval para fortalecer o pensamento matemático. O principal objetivo foi analisar como a implementação de estratégias de ensino, baseadas na coordenação de múltiplas representações, impacta a compreensão e a resolução de equações lineares nos alunos do 10º ano. Metodologicamente, o estudo adotou uma abordagem quantitativa com um desenho quase-experimental pré-teste-pós-teste, aplicado a uma amostra intencional de 60 alunos. Durante a intervenção foram implementadas atividades que visaram promover a conversão e a interação entre os registos algébrico, gráfico, verbal e tabular. Os resultados mostram uma melhoria significativa no desempenho académico dos alunos e uma redução notável nos erros relacionados com a interpretação das igualdades e dos processos de transposição. Conclui-se que ir além do ensino focado num único registo promove a construção de uma aprendizagem profunda, validando assim a relevância destas estratégias para o desenvolvimento de sólidas competências algébricas no ensino secundário.

Palavras-chave: Equações lineares, Registos semióticos de Duval, Estratégias de ensino, Pensamento algébrico, Álgebra, Semiótica.

==== o ====

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del pensamiento algebraico constituye un componente fundamental en la enseñanza de la matemática en educación secundaria, donde las ecuaciones lineales actúan como pilares conceptuales para la modelización de fenómenos y el razonamiento abstracto. No obstante, la literatura especializada advierte sobre la persistencia de dificultades en su

aprendizaje, caracterizadas predominantemente por una ejecución mecánica de algoritmos que carece de una verdadera apropiación conceptual, lo cual limita el progreso hacia matemáticas superiores.

A nivel global y regional, evaluaciones como las de OCDE (2023), ponen en evidencia una tendencia descendente en el desempeño de los estudiantes en el álgebra, una tendencia que se agudiza en el contexto ecuatoriano, donde datos recientes del Instituto Nacional de Evaluación Educativa indican que una mayoría significativa de estudiantes de décimo año no alcanza los niveles satisfactorios en matemática, evidenciando un sistema que aún privilegia la memorización sobre el razonamiento lógico (INEVAL, 2024).

Para abordar esta problemática, la investigación se fundamenta en la teoría de los Registros Semióticos de Representación de Raymond Duval (2006). Desde esta perspectiva la comprensión matemática no emerge de la interacción directa con el objeto, sino a través de la coordinación de sus diferentes representaciones. El autor distingue dos operaciones cognitivas esenciales: el tratamiento, entendido como la transformación dentro de un mismo registro, y la conversión, que implica la traducción entre registros distintos.

Investigaciones recientes como la de Vásquez et al. (2024) y Ayala García (2023), corroboran que cuando los estudiantes consiguen coordinar múltiples registros (algebraico, gráfico, verbal) son capaces de realizar procesos que les permite desarrollar una estructura conceptual más sólida, superando las limitaciones de la enseñanza tradicional centrada exclusivamente en el registro algebraico,

La pertinencia del estudio radica en la necesidad de abordar el problema identificado en la Unidad Educativa Gonzalo Escudero, donde los diagnósticos institucionales revelan que la enseñanza actual descuida la conexión con representaciones gráficas o verbales, generando errores recurrentes en la interpretación de la igualdad y la transposición de términos (Pantoja, 2021). La investigación se justifica social y pedagógicamente porque busca mitigar el rezago académico en el grupo de estudiantes seleccionados, y proponer estrategias didácticas que fortalezcan competencias clave para el desarrollo ciudadano.

En consonancia con lo expuesto, surge el siguiente problema científico: ¿De qué manera incide la implementación de estrategias didácticas fundamentadas en los registros semióticos de Duval en la comprensión conceptual y en la resolución de ecuaciones lineales en estudiantes de décimo año de educación básica superior?

Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo es analizar el papel de los registros semióticos de Duval como estrategia didáctica para fortalecer la comprensión y resolución de ecuaciones lineales en el décimo año.

El estudio es relevante para la educación matemática porque aborda las dificultades que enfrentan los estudiantes en la comprensión de las ecuaciones lineales, un contenido esencial para el desarrollo del pensamiento algebraico y para el aprendizaje de temas matemáticos posteriores. Investigar estrategias didácticas basadas en los registros semióticos de Duval resulta pertinente, ya que esta teoría promueve la articulación entre diversas representaciones y favorece una comprensión más profunda del álgebra (Vásquez et al., 2024).

Un estudio realizado por Bernal et al. (2024) en grupos experimentales y de control, demostró que los estudiantes que entrenaron su razonamiento lógico mediante ejercicios divertidos y dinámicos, que involucran el pensamiento algebraico, alcanzaron un aprendizaje más efectivo, ya que su motivación y participación fue alta durante el tiempo de la intervención, en relación con los educandos que no utilizaron este tipo de metodologías. Por lo anterior los expertos sugieren que las estrategias de enseñanza sean de fácil aplicación y contengan un componente lúdico y didáctico que ejercite el pensamiento algebraico.

Asimismo, el aprendizaje dinámico y activo, según lo describen Lombardi et al. (2021), se enmarca en un enfoque denominado "ecosistema de construcción de comprensión", que

constituye un pilar fundamental en la formación universitaria docente, por cuanto este tipo de aprendizaje se utiliza como una forma de comunicación para la enseñanza y es útil para la práctica pedagógica en el aula; pues, el docente debe ser un agente activo durante la construcción social del significado del contenido curricular, lo que va más allá de la construcción cognitiva individual del conocimiento.

Por otra parte, para lograr una construcción social del significado del currículo, las estrategias didácticas basadas en recursos digitales son altamente recomendadas en el aprendizaje de las ecuaciones lineales y en los contenidos algebraicos en general. Así, López et al. (2024), demuestran en su estudio que una estrategia mediada por herramientas digitales utilizada en el desarrollo de la habilidad para dividir de los estudiantes de básica superior, es eficaz y contribuye a mejorar significativamente esta destreza.

Materiales y método.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, orientado a la medición objetiva de las variables mediante procedimientos sistemáticos. Se empleó un diseño cuasi experimental de tipo pretest y posttest con un grupo experimental y grupo de control; lo que permitió evaluar el impacto de la intervención didáctica al comparar el desempeño de los estudiantes antes y después de la implementación de las estrategias fundamentadas en los registros semióticos de Duval. El estudio fue descriptivo, al caracterizar el desempeño inicial y final; y explicativo, al analizar la relación entre la estrategia didáctica y la mejora del aprendizaje basada en la estrategia didáctica y la mejora en el aprendizaje.

El estudio se realizó en la Unidad Educativa Gonzalo Escudero, institución pública ubicada al sur de Quito, Ecuador, que atiende a población de niveles socioeconómicos medios y medios bajos. La investigación abarcó un periodo de 4 semanas, comprendido entre noviembre y diciembre de 2025. La población estuvo constituida por 120 estudiantes de décimo año de Básica Superior. Se seleccionó una muestra intencional no probabilística por conveniencia de 60 estudiantes. Los criterios de selección configuraron un grupo heterogéneo con edades entre 14 y 15 años, compuesto por 32 mujeres (53.3%) y 28 hombres (46.7%).

Para garantizar la representatividad de los distintos ritmos de aprendizaje, se consideró como variable de estratificación el nivel de conocimientos matemáticos previos. Este nivel fue determinado a partir de los resultados de la evaluación diagnóstica efectuada al inicio del año lectivo en la asignatura de Matemática, lo que permitió distribuir a la muestra en niveles bajo (35 %), medio (45 %) y alto (20 %). Dicha categorización se operacionalizó adaptando la puntuación de este instrumento (calificado sobre 10 puntos) a la escala cualitativa y cuantitativa establecida en el Reglamento General a la Ley Orgánica de Educación Intercultural (Ministerio de Educación, 2023). En consecuencia, los parámetros de clasificación se establecieron de la siguiente manera: nivel alto para el intervalo de 9.00 a 10.00 puntos (domina los aprendizajes requeridos); nivel medio para el intervalo de 7.00 a 8.99 puntos (alcanza los aprendizajes requeridos); y nivel bajo para calificaciones inferiores a 7.00 puntos (estudiantes próximos a alcanzar o no alcanzan los aprendizajes requeridos).

Las variables de estudio fueron: las estrategias didácticas basadas en los registros semióticos de Duval (independiente) y el desempeño en la resolución de ecuaciones lineales (dependiente), controlando factores como el nivel de conocimientos previos y la asistencia.

Para la recolección de datos se aplicaron los siguientes instrumentos:

- Pruebas de rendimiento (Pretest y Posttest): Compuestas por 20 ítems distribuidos en resolución de ecuaciones (80%) y problemas aplicados (20%), evaluando la resolución de ecuaciones simples, complejas y la conversión entre registros.
- Registro de errores: Basado en la taxonomía de (Radatz, 1980), clasificando fallos conceptuales, procedimentales y de representación.

- Escala de motivación: Adaptación del instrumento de Tapia y Marsh (2004), en escala Likert para evaluar autoeficacia, valor y disfrute.

El proceso investigativo se estructuró en tres fases:

- Fase de Diagnóstico (Semana 1), en la que se aplicó el pretest y la escala de motivación inicial a una muestra de 60 estudiantes de décimo año, compuesto por 20 ítems estructurados en dos dimensiones: resolución operativa de ecuaciones (80%) y problemas de aplicación en contexto (20%). Los objetivos evaluativos se concretaron mediante un instrumento que buscó identificar la exactitud de la respuesta y la naturaleza de los errores cometidos, clasificándolos según la taxonomía de Radatz (1979) en: conceptuales, procedimentales y de representación. Los resultados se organizan en función de indicadores: procedimental, conceptual y de representación.
- Fase de Intervención (Semanas 2-3), se ejecutó en 10 sesiones de clase (6 horas), estructuradas en momentos de activación, desarrollo y cierre. Durante estas sesiones se implementaron actividades de *tratamiento* (simplificación, tablas), *conversión* (traducción entre registros verbal, algebraico y gráfico) y *coordinación* (proyectos integradores). Para la valoración de los indicadores específicos asociados a la resolución de ecuaciones lineales y la coordinación de registros semióticos, se estableció una escala cuantitativa de 0 a 10 puntos, que permitió dimensionar el desempeño del estudiantado en competencias de tratamiento y conversión de representaciones matemáticas. La estrategia didáctica se centró en la coordinación de registros semióticos, y la propuesta pedagógica se articuló en torno a cuatro ejes estratégicos diseñados para favorecer la apropiación del objeto matemático: Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Estrategias de gamificación, Mediación con Tecnología Dinámica (GeoGebra), Estudio de casos interdisciplinarios.
- Finalmente, la Fase de Evaluación (Semana 4), se aplicaron los instrumentos de salida (postest y escala final) y se realizaron grupos focales. Se desarrollaron ciclos de evaluación formativa. El proceso de enseñanza se acompañó de mecanismos de regulación continua del aprendizaje.

El procesamiento de la información se realizó mediante estadística descriptiva (medias, desviaciones estándar) e inferencial, utilizando la prueba t para muestras relacionadas. El desarrollo de la investigación contó con la aprobación explícita del Consejo Científico y el Comité de Ética de la Unidad Educativa Gonzalo Escudero, garantizando el cumplimiento de los protocolos éticos para el trabajo con menores de edad.

Para validar la eficacia de la propuesta, se utilizaron instrumentos complementarios. Se evaluó la percepción y motivación del estudiante mediante una adaptación de la escala de Tapia y Marsh (1992). La encuesta se presentó en forma de afirmaciones, los estudiantes debían responder en una escala de Likert de cinco puntos, donde 1: Totalmente en desacuerdo y 5: Totalmente de acuerdo. Este instrumento permitió constatar una mejora en la disposición hacia el aprendizaje, correlacionando el factor emocional con el rendimiento académico.

Resultados, análisis y discusión.

Respecto de los resultados, el análisis de los datos recolectados se orientó a verificar el impacto de la intervención didáctica basada en los registros semióticos de Duval sobre el desempeño académico y la reducción de errores en la resolución de ecuaciones lineales. La información procesada correspondió a los 60 estudiantes de décimo año que participaron en todas las fases del estudio.

El estudio contó con dos grupos diferenciados de 30 estudiantes por la metodología de instrucción recibida. Al Grupo Experimental se le aplicó la secuencia didáctica fundamentada en la coordinación de registros semióticos de Duval (variable independiente), enfocada en actividades de conversión y tratamiento. Por su parte, el Grupo de Control desarrolló los mismos contenidos curriculares bajo un enfoque de enseñanza tradicional, caracterizado por

la exposición magistral y la resolución mecánica de algoritmos, sirviendo como parámetro de comparación para validar la eficacia de la intervención.

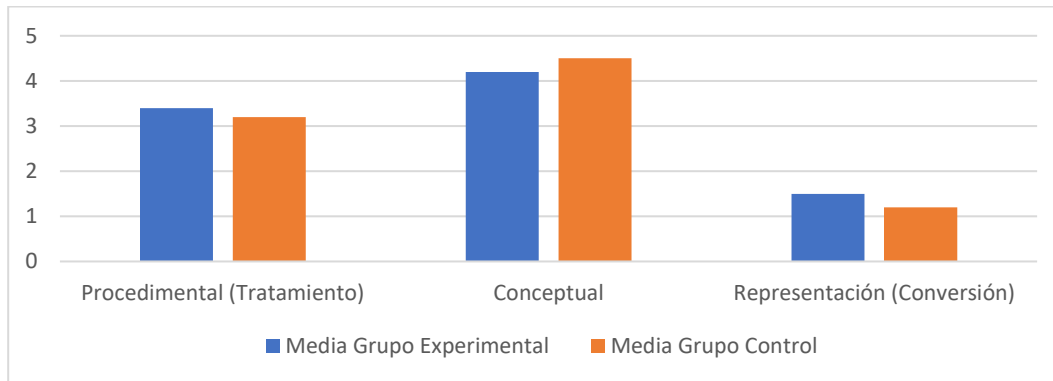
La estructura de la investigación abarca las fases de diagnóstico, intervención educativa y evaluación; así como, la validación del impacto del proceso desarrollado. A continuación, se detalla cada etapa del estudio.

Fase diagnóstica: Respecto de la aplicación del pretest, los resultados iniciales expuestos en la figura 1, revelaron un desempeño general bajo, caracterizado por una marcada desconexión entre los registros. El análisis de la media de errores evidenció que las mayores dificultades residían en la comprensión profunda del objeto matemático. Se observó:

- Indicador Procedimental (Tratamiento): Se registró una media de error elevada en ambos grupos (68% Control y 66% Experimental). Estos fallos se asocian principalmente al manejo incorrecto de la ley de signos y errores aritméticos durante el despeje de variables, lo que denota una mecanización deficiente de los algoritmos.
- Indicador Conceptual: Aunque presenta la media más baja de las tres categorías (55% y 58%), sigue siendo crítica. Se encontraron dificultades para definir la noción de igualdad y variable, tratando a la incógnita como objeto estático y no como valor funcional.
- Indicador de Representación (Conversión): Este indicador arrojó resultados alarmantes, con medias de error del 88% en el Grupo de Control y 85% en el Experimental. La mayoría falló al coordinar registros (ej. pasar del lenguaje verbal al gráfico). El hallazgo es consistente con la teoría de Duval, confirmando que la conversión es la actividad cognitiva de mayor complejidad y la principal barrera de aprendizaje en este contexto.

Figura 1

Resultados del diagnóstico inicial



Nota: Estos datos demuestran un desempeño general bajo, evidenciándose mayores dificultades en la conversión entre registros, además de errores procedimentales y limitaciones en la comprensión conceptual.

La interpretación cualitativa de las medias obtenidas por los grupos experimental y de control se rigió bajo los siguientes niveles de desempeño:

- Insuficiente (0 – 3.9 puntos):** El estudiante carece de las estructuras cognitivas mínimas para abordar la ecuación lineal. Se evidencia una desconexión total entre el lenguaje natural y el algebraico, imposibilitando la traducción de enunciados simples. Los errores son de naturaleza fundamental, requiriendo una intervención pedagógica intensiva para construir las nociones básicas de igualdad y variable.
- Débil (4.0 – 5.4 puntos):** Existe una comprensión fragmentada del objeto matemático. El estudiante tiende a operar de manera mecánica y memorística, logrando resolver algoritmos sencillos, pero fallando sistemáticamente en tareas de conversión (ej. graficar

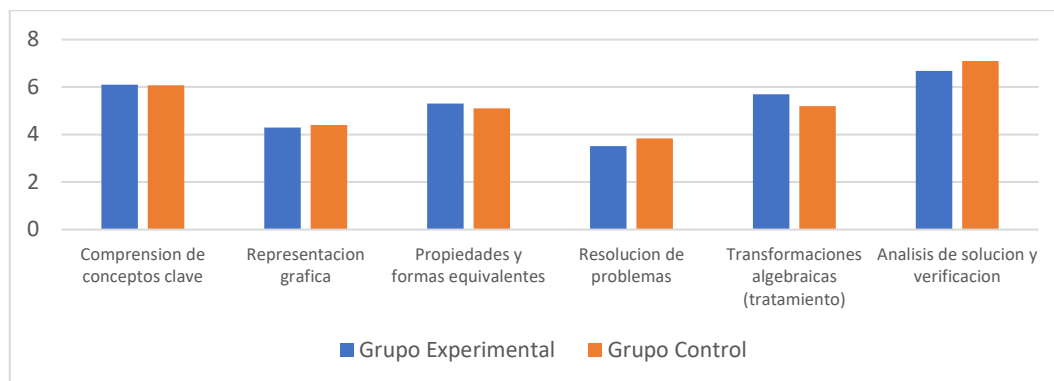
una ecuación dada). Su desempeño muestra limitaciones severas al intentar interpretar la linealidad fuera del registro algebraico simbólico.

- **Moderado (5.5 – 6.4 puntos):** El estudiante manifiesta un dominio operativo aceptable, realizando tratamientos algebraicos (despejes) con cierta fluidez. Sin embargo, persisten vacíos conceptuales al momento de coordinar diferentes registros; por ejemplo, puede resolver la ecuación, pero presenta confusiones al relacionar la solución con su representación gráfica o tabular.
- **Bueno (6.5 – 8.4 puntos):** Se observa una competencia sólida en la manipulación de las ecuaciones lineales. El estudiante es capaz de transitar entre el registro verbal, algebraico y gráfico con eficacia en situaciones estándar. Aunque demuestra solvencia en los procesos de conversión y tratamiento, aún pueden surgir imprecisiones menores en problemas de mayor complejidad contextual.
- **Elevado (8.5 - 10 puntos):** El estudiante evidencia flexibilidad cognitiva avanzada, coordinando autónomamente múltiples registros semióticos. Resuelve y grafica con precisión e interpreta las propiedades de la ecuación lineal para solucionar problemas no rutinarios, nivel que refleja una apropiación profunda del concepto.

En la figura 2 se visualizan los resultados del pretest, detallando las puntuaciones alcanzadas por los estudiantes tanto del grupo de control como del experimental.

Figura 2

Resultados del pretest



Nota: El análisis desagregado de los resultados del pretest evidenció una notable homogeneidad entre el Grupo Experimental y el Grupo de Control al inicio de la investigación, lo que sugiere que ambas poblaciones partieron de una base cognitiva equiparable respecto al objeto matemático de estudio.

En los indicadores específicos, se observó que la comprensión de conceptos clave, fue una de las dimensiones mejor puntuadas, alcanzando promedios de 6.1 y 6.08 sobre 10 para el grupo experimental y de control, respectivamente. En contraste, la dimensión de Representación Gráfica emergió como la debilidad más crítica en ambos grupos, con medias de 4.3 y 4.4. Estos datos ratifican la dificultad de los estudiantes para transitar hacia el registro geométrico, situándolos en un nivel de desempeño "Débil". Respecto de las propiedades y formas equivalentes, los estudiantes mostraron un dominio intermedio, con puntuaciones de 5.3 (experimental) y 5.1 (control). La capacidad de transferencia se vio comprometida en el indicador de Resolución de Problemas, registrándose los valores más bajos de toda la prueba diagnóstica: 3.52 y 3.84 respectivamente, denotando un nivel "Insuficiente" para aplicar los algoritmos en contextos situados. En las Transformaciones algebraicas (tratamiento), el desempeño se mantuvo en un rango moderado (5.69 y 5.2). El indicador de Análisis de solución y verificación obtuvo las valoraciones más altas del diagnóstico, con promedios de

6.68 y 7.1, lo que sugiere que, tienen fallas al plantear o graficar el problema, pero poseen destreza mecánica para comprobar igualdades simples.

Los resultados de la **fase de intervención** articulada en cuatro ejes estratégicos, son:

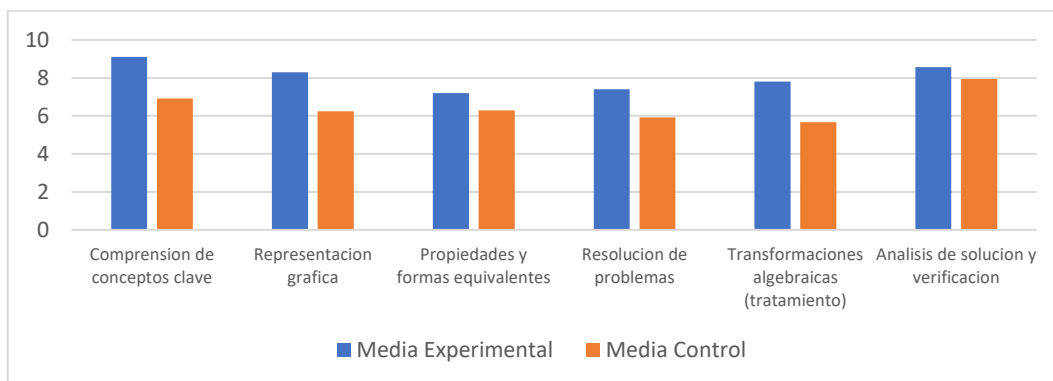
1. Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): Se plantearon escenarios de modelización matemática donde los estudiantes debieron traducir situaciones del entorno real al lenguaje algebraico. Los proyectos se centraron en fenómenos de variación constante, como, el análisis de costos de servicios básicos o la planificación de presupuestos familiares. La metodología colaborativa trascendió la teoría, permitiendo vincular la estructura $y=mx + b$, con necesidades prácticas de su contexto inmediato.
2. Estrategias de Gamificación: Para reducir la ansiedad matemática y aumentar la motivación, se integraron plataformas digitales y dinámicas lúdicas orientadas al refuerzo de destrezas operativas. Mediante desafíos interactivos y sistemas de recompensas simbólicas, se logró que los estudiantes practicaran la identificación de incógnitas y el despeje de variables en un ambiente participativo y lúdico.
3. Mediación con Tecnología Dinámica (GeoGebra): El software actuó como nexo en la conversión de registros. Se diseñaron laboratorios visuales para la manipulación de deslizadores para modificar la pendiente (m) y el intercepto (b). Esta experimentación en tiempo real permitió visualizar cómo las alteraciones numéricas transforman la posición e inclinación de la recta, facilitando una comprensión profunda de la relación entre coeficientes algebraicos y su representación gráfica.
4. Estudio de Casos Interdisciplinarios: Se seleccionaron y analizaron situaciones problema vinculadas a otras ciencias, específicamente a la Física (Movimiento Rectilíneo Uniforme) y a la Economía básica (Cálculo de punto de equilibrio). El debate áulico en estos casos permitió interpretar la "linealidad" como una herramienta para describir comportamientos predecibles en la naturaleza y la sociedad.

Fase de Evaluación: Mediante micro-evaluaciones y rúbricas de autoevaluación, se proporcionó retroalimentación constante, que ayudó a los estudiantes a identificar sus propios errores procedimentales y ajustar sus estrategias de resolución antes de la medición final.

Las estrategias implementadas se planificaron con el propósito de generar un entorno de aprendizaje participativo y cooperativo, favoreciendo que el estudiantado comprenda con mayor profundidad y utilice de manera pertinente las funciones exponenciales. Al finalizar la intervención, se aplicó el postest a los dos grupos en la última jornada. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 3.

Figura 3

Resultados del postest.



Nota: Los datos obtenidos en la medición de salida evidencian una marcada diferencia en el desempeño de ambos grupos, ratificando el impacto positivo de la secuencia didáctica basada

en registros semióticos. El Grupo Experimental mostró un salto cualitativo significativo frente al Grupo de Control.

Al observar el indicador de Comprensión de conceptos clave, el grupo sometido a la intervención alcanzó puntuaciones elevadas, lo que sugiere que las actividades de coordinación permitieron superar la memorización de definiciones, facilitando una apropiación profunda de la estructura de la ecuación lineal. El hallazgo más relevante se sitúa en la Representación gráfica, en donde se observó que el grupo de control presentó dificultades para trasladar la expresión algebraica al plano cartesiano, mientras que el grupo experimental se destacó notablemente en esta área. Los estudiantes aprendieron a calcular, y lograron *visualizar* el comportamiento de la recta, conectando los parámetros m y b con su representación espacial. Sobre las dimensiones de aplicación: Propiedades y formas equivalentes y resolución de problemas; el grupo experimental superó ampliamente al grupo control. Este resultado demuestra que los estudiantes lograron transferir los conocimientos teóricos a situaciones contextualizadas (modelización), rompiendo con la mecanicidad operativa que suele limitar el aprendizaje del álgebra. El indicador de Transformaciones algebraicas reflejó un progreso evidente, señalando que la manipulación de símbolos para despejar variables se interiorizó como un proceso lógico y no como una serie de reglas arbitrarias. Finalmente, en el componente de Análisis de solución y verificación (equivalente a la validación de resultados), el desempeño fue robusto. Aunque el grupo de control mostró competencias aceptables en la comprobación mecánica, el grupo experimental evidenció una consistencia mayor, sugiriendo un entendimiento más sólido sobre la validez de la igualdad.

Tabla 1.

Estadísticos descriptivos del grupo control (postest)

Estadístico	Total (/20)	Calificación (/10)
n	30	30
Media	12.86	6.43
Desviación estándar muestral	0.6	0.3
Mínimo	11.7	5.85
Máximo	13.9	6.95

Nota. Los valores corresponden a los estadísticos descriptivos del grupo control. La media se presenta en escala sobre 20 y sobre 10. La desviación estándar muestral expresa la dispersión de las calificaciones respecto de la media.

Tabla 2.

Estadísticos descriptivos del grupo experimental (postest)

Estadístico	Total (/20)	Calificación (/10)
n	30	30
Media	16.03	8.02
Desviación estándar muestral	0.66	0.33
Mínimo	14.3	7.15
Máximo	17.1	8.55

Nota. Los valores corresponden a los estadísticos descriptivos del grupo experimental. La media se presenta en escala sobre 20 y sobre 10. La desviación estándar muestral expresa la dispersión de las calificaciones respecto de la media.

Tabla 3

Estadísticos descriptivos y prueba t de Student para la comparación entre grupo control y grupo experimental

Grupo	n	M	DE	Diferencia de medias	t	gl	p
Grupo control	30	6.43	0.3				
Grupo experimental	30	8.02	0.33	1.59	19.53	58	< .001

Nota. M = media; DE = desviación estándar; gl = grados de libertad. La prueba t de Student para muestras independientes mostró diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y el grupo experimental, $t(58) = 19.53$, $p < .001$. La diferencia de medias fue de 1.59 puntos a favor del grupo experimental.

En los resultados de la prueba t de Student para muestras independientes se evidenció una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control y el grupo experimental,

$t(58) = 19.53$, $p < .001$. El grupo experimental alcanzó una media de 8.02 (DE = 0.33), mientras que el grupo control obtuvo una media de 6.43 (DE = 0.30), registrándose una diferencia de medias de 1.59 puntos en la escala sobre 10. El valor de significancia indica que la probabilidad de que esta diferencia haya ocurrido por azar es mínima, por lo que se rechaza la hipótesis nula (Ho). En consecuencia, los resultados muestran un rendimiento académico superior en el grupo experimental respecto al grupo control.

Tabla 4

Resultados promediados de la encuesta de satisfacción aplicada.

Ítem	M (Media)	DE (Desviación estándar)
Las actividades de aprendizaje basado en proyectos me ayudaron a comprender las ecuaciones lineales.	4.23	0.51
La gamificación hizo que el aprendizaje de las ecuaciones lineales fuera más interesante.	4.02	1.17
El uso de GeoGebra mejoró mi comprensión de las ecuaciones lineales.	4.76	0.23
Los casos reales presentados me ayudaron a ver la relevancia de las ecuaciones lineales en situaciones cotidianas.	3.89	0.68
Las evaluaciones formativas me ayudaron a identificar mis fortalezas y áreas de mejora en el aprendizaje de las ecuaciones lineales.	4.92	0.11
Siento que mi capacidad para resolver problemas relacionados con ecuaciones lineales ha mejorado significativamente.	3.89	0.97
Las estrategias didácticas utilizadas fueron adecuadas para mi estilo de aprendizaje.	4.23	0.56
Me siento más motivado/a para aprender matemáticas después de participar en estas actividades.	4.37	0.49
Recomendaría estas actividades de enseñanza a otros estudiantes.	4.92	0.45

Nota: Los datos recabados a través de la encuesta de satisfacción (30 estudiantes) evidencian una recepción altamente favorable por parte del alumnado hacia la metodología implementada.

Al desglosar los componentes de la estrategia, se destaca el uso de GeoGebra como el recurso de mayor impacto. La elevada puntuación otorgada a esta herramienta sugiere que la visualización dinámica fue determinante para comprender la relación entre los coeficientes de

la ecuación y su comportamiento en la recta, superando las barreras de abstracción habituales. Además, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) fue percibido como un puente eficaz entre la teoría y la práctica, permitiendo a los estudiantes encontrar utilidad real a los contenidos algebraicos. La estrategia de la gamificación mostró en los resultados un matiz interesante: aunque generó interés, la dispersión en las respuestas indica que su impacto no fue homogéneo; es decir, mientras para algunos fue un motor motivacional, para otros fue un elemento secundario frente a la utilidad tecnológica. Por otro lado, la evaluación formativa recibió una valoración sobresaliente. A través de retroalimentación posterior a la evaluación, se permitió a los estudiantes identificar sus propios errores y regular su aprendizaje, un aspecto a menudo descuidado en la evaluación sumativa tradicional. Sin embargo, se identificó un área de oportunidad en la presentación de los casos reales y la resolución de problemas complejos; aunque sus puntuaciones fueron aceptables, resultaron inferiores al resto de indicadores, lo que sugiere la necesidad de refinar el andamiaje didáctico en futuras intervenciones para que estos desafíos sean percibidos como más accesibles.

El componente afectivo, cerró el análisis con resultados prometedores: el incremento en la motivación y la disposición explícita del grupo a recomendar estas estrategias a sus pares confirman que la intervención no solo mejoró el rendimiento cognitivo, sino que transformó positivamente la experiencia educativa frente a las matemáticas.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Las exigencias educativas contemporáneas demandan una revisión profunda de los paradigmas pedagógicos, donde las teorías del aprendizaje actúan como estructuras fundamentales para comprender cómo el estudiantado asimila nuevas competencias (López et al., 2024). Más allá del dominio conceptual que un docente pueda verbalizar sobre estas teorías, lo verdaderamente sustancial reside en su praxis: las acciones en el aula evidencian su comprensión implícita del proceso de enseñanza, siendo la consistencia de estas prácticas el verdadero indicador de calidad. Bajo esta premisa, y en concordancia con (Bruner, 2018), el conocimiento se concibe no como un hallazgo fortuito, sino como una construcción activa mediada por la madurez y la experiencia social. En este proceso, el entorno juega un rol determinante, facultando al sujeto para discernir, interpretar y anclar la nueva información a sus esquemas cognitivos previos.

Los hallazgos de este estudio dialogan directamente con la literatura especializada. Se confirma que la "paradoja cognitiva de Duval", la dificultad de acceder al objeto matemático si no es a través de su representación puede ser superada mediante una instrucción deliberada en la conversión de registros.

A diferencia de la enseñanza tradicional, que aísla el registro algebraico, esta intervención demuestra que la articulación con registros gráficos y verbales no es un complemento, sino un requisito para el aprendizaje profundo. La reducción significativa de errores de representación sugiere que los estudiantes comenzaron a ver las ecuaciones como objetos dinámicos. La persistencia de errores procedimentales indica que la fluidez operativa requiere tiempos de maduración distintos a la comprensión conceptual y debe ser reforzada con estrategias específicas de verificación.

Si bien los marcos teóricos contemplan una diversidad de estilos cognitivos, su aplicación práctica no siempre logra cubrir la totalidad de las singularidades del alumnado. Existe una fracción de estudiantes que experimenta barreras adaptativas ante la mediación tecnológica, mostrando una clara predilección por metodologías convencionales. A esto se suma un desafío estructural: la brecha digital, que condiciona el acceso a materiales multimedia de alta calidad, especialmente en instituciones donde la infraestructura y los recursos son precarios (Bernal et al., 2024).

Al contrastar los resultados, se evidencia una clara alineación con los postulados de Lombardi (2021), sobre el aprendizaje activo. La intervención didáctica demostró que cuando los

estudiantes abandonan el rol de receptores para convertirse en agentes de su propio aprendizaje, logran decodificar y resolver problemas con mayor eficacia. Este proceso de descubrimiento guiado fue fundamental para que el grupo experimental superara las barreras de abstracción. De manera complementaria, tal como sugiere Salvatierra et al. (2024), la exposición reiterada a ejercicios de conversión y coordinación de registros dotó al aprendizaje de la robustez necesaria para ser transferido a nuevos escenarios, validando la importancia de la ejercitación contextualizada en la enseñanza del álgebra.

CONCLUSIONES.

La interpretación de los hallazgos obtenidos permite establecer que la articulación de los registros semióticos de Duval constituye un factor determinante en la reconfiguración del aprendizaje del álgebra. Se observa que la capacidad de los estudiantes para transitar entre representaciones del lenguaje verbal al algebraico y de este al gráfico mejora la precisión en el cálculo, y dota de significado a los objetos matemáticos. Esto implica que la superación de las dificultades en las ecuaciones lineales no depende exclusivamente de la práctica repetitiva de algoritmos, sino del desarrollo de habilidades cognitivas de conversión que permiten al estudiante visualizar la estructura del problema desde múltiples perspectivas.

El diagnóstico, permitió observar una deficiencia crítica en la conversión entre registros, es la barrera más significativa, mostrando medias de error del 88% (Control) y 85% (Experimental), aspecto que valida la teoría de Duval en torno a la complejidad de esta actividad cognitiva, justificándose con ello la importancia de la intervención didáctica para fortalecer estas traducciones, evitando que queden en el simple tratamiento algorítmico.

Respecto del dominio fragmentado y mecánico en el pretest, los estudiantes comenzaron con un bajo y dividido desempeño general, ya que demostraron una comprensión aceptable de los conceptos (promedio ~ 6.1) y cierta destreza para comprobar soluciones (~ 6.9), en contraste con un dominio "Débil" en representación gráfica (~ 4.3) e "Insuficiente" en resolución de problemas (~ 3.7). Esto muestra que su aprendizaje previo era operativo y memorístico, carente de integración real de los diversos registros semióticos.

En el aspecto que hace referencia a la homogeneidad inicial entre grupos se observó que en los promedios en todos los indicadores del pretest se notaron similitudes entre el Grupo Experimental y el de Control. Esta confrontación estadística inicial es decisiva, debido a que permite endosar las diferencias posteriores en el postest especialmente al efecto causado por la variable independiente: la aplicación de la secuencia didáctica basada en los registros semióticos de Duval.

En lo que concierne a la intervención, el hallazgo principal de la intervención se sustenta en que la aplicación sistemática de estrategias basadas en la coordinación de registros semióticos provocó una mejora significativa en la habilidad de conversión entre representaciones, especialmente en el paso del álgebra a la gráfica. El Grupo Experimental se destacó considerablemente frente al de Control en el indicador de Representación Gráfica, evidenciándose que los estudiantes no solo calculan, sino que interiorizaron la conexión entre los parámetros m y b y su expresión visual en el plano cartesiano, superando de esta manera la barrera más grande de aprendizaje identificada en el diagnóstico.

Respondiendo al objetivo central de la investigación, se concluye que la implementación de estrategias didácticas basadas en la coordinación de múltiples representaciones incide de manera positiva y significativa en la comprensión y resolución de ecuaciones lineales. Esta metodología fortalece el pensamiento matemático al reducir sustancialmente los errores conceptuales y de representación, validando su pertinencia como una alternativa pedagógica eficaz para reforzar las habilidades algebraicas en el nivel medio.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La investigación presentó algunas limitaciones relacionadas con el tamaño y tipo de muestra, seleccionada mediante un procedimiento no probabilístico y circunscrita a una única institución educativa, lo que restringe la generalización de los resultados. Asimismo, el periodo de intervención fue relativamente corto, por lo que no fue posible evaluar la permanencia de los aprendizajes adquiridos a largo plazo ni analizar el impacto de la estrategia en otros contenidos algebraicos.

ESTUDIOS FUTUROS

Se recomienda desarrollar investigaciones con muestras más amplias y diversas, incorporando instituciones de diferentes contextos educativos y períodos de seguimiento prolongados. Además, sería pertinente explorar la aplicación de los registros semióticos de Duval en otros contenidos matemáticos, como funciones, sistemas de ecuaciones y modelización algebraica, así como analizar su integración con nuevas herramientas tecnológicas y metodologías activas de aprendizaje.

RECONOCIMIENTOS

Los autores expresan su sincero agradecimiento a los docentes de la Maestría en Educación Básica de la Universidad Bolivariana, por su orientación académica y acompañamiento durante el desarrollo de la investigación. Asimismo, reconocen la valiosa colaboración de los especialistas que participaron en la validación de los instrumentos y en el proceso de asesoramiento metodológico. De igual manera, agradecen a las autoridades, docentes y estudiantes de la Unidad Educativa Gonzalo Escudero, cuya participación, disposición y compromiso hicieron posible la ejecución de este estudio.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Roberto Paúl Sinilín Quimuña: Participó en la concepción de la investigación, diseño metodológico, elaboración de los instrumentos, aplicación de la intervención didáctica, recolección de datos y redacción del manuscrito.

Wilmer Alberto Lapo Lima: Contribuyó en la fundamentación teórica, revisión de la literatura científica, análisis e interpretación de los resultados, así como en la revisión crítica del contenido académico del artículo.

Maricela Elizabeth Sánchez Morante: Colaboró en el procesamiento estadístico de los datos, validación metodológica, revisión de estilo científico y aprobación de la versión final del manuscrito.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses de carácter personal, académico, profesional o financiero que pueda haber influido en el desarrollo de la investigación, el análisis de los resultados o la publicación del presente artículo

REFERENCIAS

- Ayala, B. (2023). Uso y refinamiento de representaciones semióticas para estudiantes de licenciatura en matemáticas. *Tecné, episteme y didaxis: revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*(54), 211-230. doi:<https://doi.org/10.17227/ted.num54-17098>
- Bernal, P., Llivisaca, G., Vásquez, A., & Ortiz, W. (2024). Estrategia innovadora para la enseñanza de las matemáticas, en tercer año de educación general básica de la unidad educativa Buena Esperanza (2023-2024). *Sinergia Académica*, 7(2), 234-261. doi:<https://doi.org/10.51736/ynrv4g76>
- Bruner, J. (2018). *Desarrollo cognitivo y educación*. Madrid: Ediciones Morata.
- Duval, R. (2006). Un análisis cognitivo de los problemas de comprensión en el aprendizaje de las matemáticas. *Springer Nature*, 61, Un análisis cognitivo de los problemas de

- comprensión en el aprendizaje de las matemáticas. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10649-006-0400-z>
- INEVAL. (24 de abril de 2024). *evaluacion.gob.ec*. Obtenido de <https://www.evaluacion.gob.ec/ineval-presento-los-resultados-de-la-evaluacion-nacional-ser-estudiante-2024/>
- Lombardi, D., Shipley, T., Bailey, J., & Bretones, P. (2021). El curioso concepto de aprendizaje activo. *Ciencia psicológica en el interés público*, 22(1), 8-43. doi:<https://doi.org/10.1177/1529100620973974>
- López, R., Muñoz, M., & Ortiz, W. (2024). Estrategia didáctica basada en recursos digitales para el desarrollo de la habilidad dividir, de los estudiantes de sexto año de la unidad educativa Ecuador. *Sinergia Académica*, 7(4), 322-341. doi:<https://doi.org/10.51736/2p2dqn04>
- Ministerio de Educación. (22 de febrero de 2023). *educacionbilingue.gob.ec*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://educacionbilingue.gob.ec/wp-content/uploads/2023/06/REGLAMENTO-GENERAL-A-LA-LEY-ORGANICA-DE-EDUCACION-INTERCULTURAL.pdf>
- OCDE. (2023). Resultados PISA 2022 (Volumen I): El estado del aprendizaje y la equidad en la educación. En PISA, *Publicaciones de la OCDE*. París. doi:<https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Pantoja, Y. (2021). Errores en la conversión de representaciones en problemas con ecuaciones lineales. *Revista Unimar*, 39(1), 56-63. doi:<https://doi.org/10.31948/Rev.unimar>
- Salvatierra, J., Velasco, C., Vásquez, A., & Ortiz, W. (2024). La gamificación en el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de tercer grado de educación general básica de la unidad educativa Gloria Gorelik. *Sinergia Académica*, 7(3), 181-203. doi:<https://doi.org/10.51736/7dk5jn77>
- Vásquez, I., Flores, K., & Prieto, J. (2024). Representaciones semióticas en el álgebra escolar: una revisión sistemática de la literatura entre 2013-2022. *Educación*, 33(65), 81-104. doi:<https://doi.org/10.18800/educacion.202402.A004>