Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2026,
Volumen 10, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i5

PROPUESTA DIDÁCTICA BASADA EN LA TEORÍA DE REGISTROS DE REPRESENTACIÓN SEMIÓTICA EN EL ENTORNO VIRTUAL BLACKBOARD PARA EL APRENDIZAJE DE LA FUNCIÓN POLINOMIAL APLICADA A LA ADMINISTRACIÓN

DIDACTIC PROPOSAL BASED ON THE THEORY OF SEMIOTIC REPRESENTATION REGISTERS IN THE BLACKBOARD VIRTUAL ENVIRONMENT FOR LEARNING THE POLYNOMIAL FUNCTION APPLIED TO ADMINISTRATION

Alfonso Morales Apaza
Universidad Nacional del Santa, Perú

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i5.26550

Propuesta Didáctica Basada en la Teoría de Registros de Representación Semiótica en el Entorno Virtual Blackboard para el Aprendizaje de la Función Polinomial Aplicada a la Administración

Alfonso Morales Apaza[1]
almoa20@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-3756-7477
Universidad Nacional del Santa
Perú

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar en qué medida la aplicación de una propuesta didáctica basada en la Teoría de Registros de Representación Semiótica (TRRS), implementada en el entorno virtual Blackboard, mejora el aprendizaje de la función polinomial aplicada a la Administración, en estudiantes universitarios de Lima, Perú. Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño cuasi-experimental, comparando un grupo control (33 estudiantes) y un grupo experimental (35 estudiantes), sometidos a un pretest y un postest. El análisis incluyó estadísticos descriptivos, pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, la prueba t de Student para muestras independientes y el cálculo del tamaño del efecto (d de Cohen). Los resultados mostraron mejoras en ambos grupos; el grupo experimental alcanzó una ganancia promedio mayor (4.54 puntos) que el grupo control (3.45 puntos). Aunque la diferencia intergrupal en el postest no resultó estadísticamente significativa ($t = 1.82$; $gl = 66$; $p = 0.073$), el tamaño del efecto ($d = 0.44$) evidenció un impacto educativo pequeño a moderado a favor del grupo experimental. Se concluye que la articulación de múltiples registros de representación semiótica, mediada por un entorno virtual, favorece la comprensión conceptual y la aplicación práctica de la función polinomial en contextos administrativos, y se propone un módulo didáctico replicable de cuatro fases para su implementación en otros contenidos matemáticos universitarios.

Palabras clave: funciones polinómicas; registros de representación semiótica; entornos virtuales de aprendizaje; educación matemática universitaria

[1] Autor principal.
Correspondencia: almoa20@gmail.com

Didactic Proposal Based on the Theory of Semiotic Representation Registers in the Blackboard Virtual Environment for Learning the Polynomial Function Applied to Administration

ABSTRACT

This study aimed to determine to what extent the application of a didactic proposal based on the Theory of Semiotic Representation Registers (TSRR), implemented in the Blackboard virtual environment, improves the learning of the polynomial function applied to Administration among university students in Lima, Peru. A quantitative approach with a quasi-experimental design was used, comparing a control group (33 students) and an experimental group (35 students), both assessed through a pretest and a posttest. The analysis included descriptive statistics, normality and variance homogeneity tests, an independent-samples t-test, and effect size calculation (Cohen's d). Results showed improvements in both groups; the experimental group achieved a higher average gain (4.54 points) than the control group (3.45 points). Although the intergroup difference in the posttest was not statistically significant ($t = 1.82$; $df = 66$; $p = 0.073$), the effect size ($d = 0.44$) revealed a small-to-moderate educational impact favoring the experimental group. It is concluded that articulating multiple semiotic representation registers, mediated by a virtual environment, fosters conceptual understanding and practical application of the polynomial function in administrative contexts, and a replicable four-phase didactic module is proposed for implementation in other university mathematics content.

Keywords: polynomial functions; semiotic representation registers; virtual learning environments; university mathematics education

Artículo recibido 20 agosto 2026
Aceptado para publicación: 20 setiembre 2026

INTRODUCCIÓN

La relación entre educación y desarrollo social es ampliamente reconocida: el funcionamiento de la escuela y de la universidad debe adaptarse a las condiciones cambiantes de la sociedad de la información y a las herramientas digitales disponibles para los estudiantes (Peñafiel, 2021). En el caso peruano, esta necesidad de adaptación se vuelve urgente a la luz de los resultados nacionales e internacionales en matemática. La evaluación nacional publicada en 2023 evidenció retrocesos en lectura, matemática y ciencias, en algunos casos de hasta diez años en matemática, ampliando la brecha respecto al promedio de los países de la OCDE (Loise, 2024). En la misma línea, el Informe Nacional de PISA 2022 reportó que el 66.2% de los estudiantes peruanos no alcanza el segundo nivel de desempeño en matemática, mientras que solo el 3.3% se ubica por encima del nivel 3 (MINEDU, 2024).

Este panorama se traslada a la educación superior, particularmente a las carreras del área de Administración, donde la matemática constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones estratégicas, el análisis financiero y la optimización de procesos. En los cursos de Matemática para Administradores, los estudiantes deben comprender y aplicar funciones polinomiales para modelar situaciones como el cálculo de costos, ingresos y proyecciones de crecimiento; sin embargo, es frecuente observar que memorizan procedimientos algebraicos sin lograr una comprensión conceptual que les permita transferir dichos conocimientos a la resolución de problemas aplicados en contextos administrativos reales. Estas dificultades pueden atribuirse a la falta de conexión entre la teoría matemática y su aplicación práctica, al predominio de enfoques de enseñanza tradicionales centrados en un único registro simbólico, y al uso limitado de herramientas tecnológicas que faciliten el tránsito entre distintas formas de representación.

Este problema puede explicarse desde la Teoría de Registros de Representación Semiótica (TRRS), propuesta por Raymond Duval, la cual sostiene que la comprensión matemática no se logra mediante el dominio de un único registro (por ejemplo, el algebraico), sino a través de la capacidad de convertir y coordinar simultáneamente entre distintos registros de representación: verbal, tabular, algebraico y gráfico. Un sistema de representación se considera un registro semiótico cuando cumple tres funciones cognitivas: la formación de un conjunto de signos que representan un objeto dentro de un sistema específico; el tratamiento, entendido como la transformación de las representaciones dentro de un

mismo registro para generar nuevas representaciones; y la conversión, que consiste en trasladar la representación de un objeto de un sistema semiótico a otro, por ejemplo, de una tabla a una gráfica o de una fórmula a una explicación verbal (Duval, 2020; Pineda et al., 2022). Duval sostiene que la potencia del pensamiento matemático radica precisamente en operar con registros heterogéneos y en coordinar lo que cada uno hace visible del objeto matemático; cuando la enseñanza limita la actividad a un solo registro, el aprendizaje tiende a ser mecánico y escasamente transferible.

La evidencia empírica respalda este diagnóstico teórico. En educación superior latinoamericana se han documentado casos, tanto en Cálculo como en Análisis Matemático, en los que predomina el registro algebraico, con baja visualización gráfica y escasa conversión entre representaciones (Moya Lázaro, 2023; Valverde Calderón, 2018). Valverde Calderón (2018), en un estudio de casos-panel con ingresantes de Ingeniería, encontró que las conversiones no congruentes, especialmente entre los registros verbal y gráfico, constituyen un foco central de dificultad, y concluyó que resulta imprescindible estructurar secuencias didácticas que fuercen el tránsito y la coordinación entre registros. En el aprendizaje específico de funciones polinómicas, Amaya Baena (2019) constató que los estudiantes privilegian el registro algebraico y presentan baja visualización gráfica, proponiendo una secuencia didáctica que promueve el uso deliberado de distintos registros de representación. Resultados similares reportan Lombardo et al. (2020) en el tratamiento del crecimiento y la concavidad de una función, y Moreno-Arotzena et al. (2021) en la comprensión del gradiente de funciones de dos variables, ambos desde la perspectiva de la TRRS.

En el plano administrativo y económico, Proleón Patricio (2019) aplicó la teoría de Duval a la optimización mediante el multiplicador de Lagrange con estudiantes de Economía, apoyándose en GeoGebra para propiciar conversiones entre los registros algebraico y gráfico, y encontró que el soporte tecnológico favorece el tránsito entre registros, aunque persisten dificultades de coordinación semántica. Por su parte, Lozano (2018) exploró, con estudiantes de programas de Ciencias Económicas y Administrativas, las posibilidades de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la enseñanza de funciones elementales desde un enfoque representacional y comunicacional, mientras que Ortega (2021) diseñó un proyecto de aula virtual apoyado en GeoGebra para la interpretación de funciones polinomiales de distinto grado.

Estos antecedentes muestran una línea de investigación consolidada en torno a la TRRS, pero evidencian a la vez un vacío respecto a su aplicación específica (integrada a un entorno virtual institucional como Blackboard y evaluada mediante un diseño cuasi-experimental) en la enseñanza de la función polinomial aplicada a la Administración.

Respecto al uso de entornos virtuales de aprendizaje, la literatura reciente coincide en que la efectividad de estas plataformas depende del diseño pedagógico intencional de las actividades, y no únicamente de la disponibilidad tecnológica. Cotrina Clavo et al. (2023), en un estudio correlacional con 156 estudiantes de una universidad de Lima, encontraron una relación directa y de tamaño de efecto moderado entre la satisfacción con Blackboard Collaborate y el compromiso académico en Matemáticas 1, aunque dicha relación no se observó de manera uniforme en todas las carreras, lo que sugiere que el impacto del entorno virtual depende del contexto disciplinar. En una institución de educación superior de Chimbote, Meza Castillo y Espinoza Polo (2023) validaron psicométricamente un instrumento y estimaron que el uso de Blackboard tiene un impacto directo y significativo sobre el aprendizaje efectivo, recomendando una adopción más intencional del sistema de gestión del aprendizaje (LMS) en asignaturas de matemáticas. En conjunto, estos antecedentes respaldan la pertinencia de diseñar, dentro de Blackboard, una estructura pedagógica explícita que oriente la conversión y coordinación entre registros de representación, en lugar de emplear la plataforma únicamente como repositorio de contenidos.

En este marco, la presente investigación tuvo como objetivo determinar en qué medida la aplicación de una propuesta didáctica basada en la Teoría de Registros de Representación Semiótica, implementada en el entorno virtual Blackboard, mejora el aprendizaje de la función polinomial aplicada a la Administración, en estudiantes del curso de Matemática para Administradores de una universidad privada de Lima. De este objetivo general se desprendieron dos objetivos específicos: diseñar la propuesta didáctica basada en la TRRS e implementada en Blackboard, y evaluar cuantitativamente su impacto en el aprendizaje mediante los resultados del pretest y el postest. Se planteó como hipótesis general que dicha propuesta produciría mejoras significativas en el desempeño académico del grupo experimental respecto al grupo control, evidenciadas en el incremento comparativo entre los resultados del pretest y del postest; y como hipótesis específicas, que el diseño de la propuesta permitiría

estructurar actividades que favorecen la comprensión y aplicación de la función polinomial en contextos administrativos, y que su implementación produciría diferencias cuantitativamente favorables al grupo experimental respecto al grupo control.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasi-experimental de tipo aplicativo, orientado a determinar el impacto de la propuesta didáctica sobre el aprendizaje de la función polinomial mediante la comparación de dos grupos no equivalentes, ambos evaluados a través de un esquema de pretest y postest (Hernández-Sampieri et al., 2014). Este diseño resulta apropiado en contextos educativos universitarios donde no es posible realizar una asignación aleatoria estricta de los participantes, dado que se trabajó con secciones de curso ya conformadas.

El grupo experimental (n = 35) recibió la propuesta didáctica basada en la TRRS implementada en Blackboard, mientras que el grupo control (n = 33) desarrolló el curso con la metodología tradicional de la institución. La población estuvo conformada por estudiantes matriculados en el curso Matemática 1 de una universidad privada de Lima, pertenecientes a carreras profesionales de Administración; la muestra fue no probabilística, por conveniencia, seleccionada a partir de las secciones ya conformadas del curso. Ambos grupos presentaron características académicas similares (carrera, ciclo, contenido curricular), lo que permitió realizar comparaciones válidas, verificadas posteriormente mediante pruebas estadísticas de homogeneidad de varianzas.

Como variable independiente se consideró la propuesta didáctica basada en la TRRS implementada en Blackboard, y como variable dependiente el aprendizaje de la función polinomial aplicada a la Administración, operacionalizada en tres dimensiones: conceptual (características de la función, coeficientes, raíces), procedimental (manejo de herramientas como derivar, factorizar, evaluar la función o construir tablas de valores) y aplicada (uso de la función en situaciones administrativas reales, como el análisis de costos, ingresos y proyecciones).

Los instrumentos de recolección de datos fueron: (a) una prueba objetiva de 10 ítems, construida a partir de una matriz de especificaciones (blueprint) que garantiza cobertura de los cuatro registros de representación (simbólico, gráfico, tabular, verbal) y de los procesos de tratamiento, conversión y coordinación propuestos por Duval; (b) una rúbrica de resolución de problemas económicos, con

criterios alineados a los mismos procesos (modelo simbólico y variables, tabla de escenarios, gráfico con unidades, coordinación para la decisión y comunicación multimodal); y (c) el registro de actividades en la plataforma Blackboard (foro, tarea y cuestionario rotatorio), que permitió triangular la información cuantitativa mediante la analítica de aprendizaje del LMS (tiempos, intentos y entregas). La validez de contenido de los instrumentos se estableció mediante juicio de expertos y un pilotaje previo, siguiendo los estándares de reporte para instrumentos educativos de la American Educational Research Association, la American Psychological Association y el National Council on Measurement in Education (AERA, APA & NCME, 2014).

El análisis estadístico incluyó estadísticos descriptivos (media y desviación estándar), la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, la prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas, la prueba t de Student para muestras independientes (comparación intergrupal en el postest), la prueba no paramétrica de Wilcoxon para rangos con signo (comparación intragrupal pretest-postest, como alternativa robusta que no exige el supuesto de normalidad de las diferencias) y el cálculo del tamaño del efecto mediante la d de Cohen, siguiendo los criterios de interpretación clásicos (Cohen, 1988). El uso combinado de pruebas paramétricas y no paramétricas responde a la recomendación de emplear procedimientos robustos cuando se trabaja con tamaños muestrales moderados (Brown & Forsythe, 1974; Conover, 1999).

En cuanto a las consideraciones éticas, la participación de los estudiantes fue voluntaria, se garantizó la confidencialidad de los datos individuales y se contó con el consentimiento informado correspondiente. Como limitación del estudio cabe señalar que el muestreo no probabilístico por conveniencia, propio de los diseños cuasi-experimentales en contextos educativos reales, restringe la posibilidad de generalizar los hallazgos más allá de poblaciones con características similares a la estudiada; asimismo, el tamaño muestral (n = 68) condiciona la potencia estadística disponible para detectar diferencias intergrupales de magnitud pequeña a moderada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propuesta didáctica: Módulo RRS

Se diseñó un módulo didáctico basado en la TRRS de Duval, implementado en Blackboard, estructurado en ocho sesiones de aprendizaje de 120 minutos, organizadas en torno a cuatro registros de representación semiótica (algebraico, tabular, gráfico y verbal) y aplicadas a situaciones reales del contexto administrativo (costos, ingresos, utilidades y proyecciones de ventas). El módulo se organiza en cuatro fases secuenciales, replicables para otros contenidos matemáticos universitarios:

Fase 1. Diagnóstico y activación: identificación de saberes previos y del registro de mayor dominio de cada estudiante, mediante una actividad diagnóstica breve publicada en Blackboard junto con material introductorio.

Fase 2. Construcción del concepto desde el registro verbal: la sesión se inicia siempre con una situación problema real, presentada en lenguaje natural, que ancla el aprendizaje en un significado concreto antes de la formalización matemática.

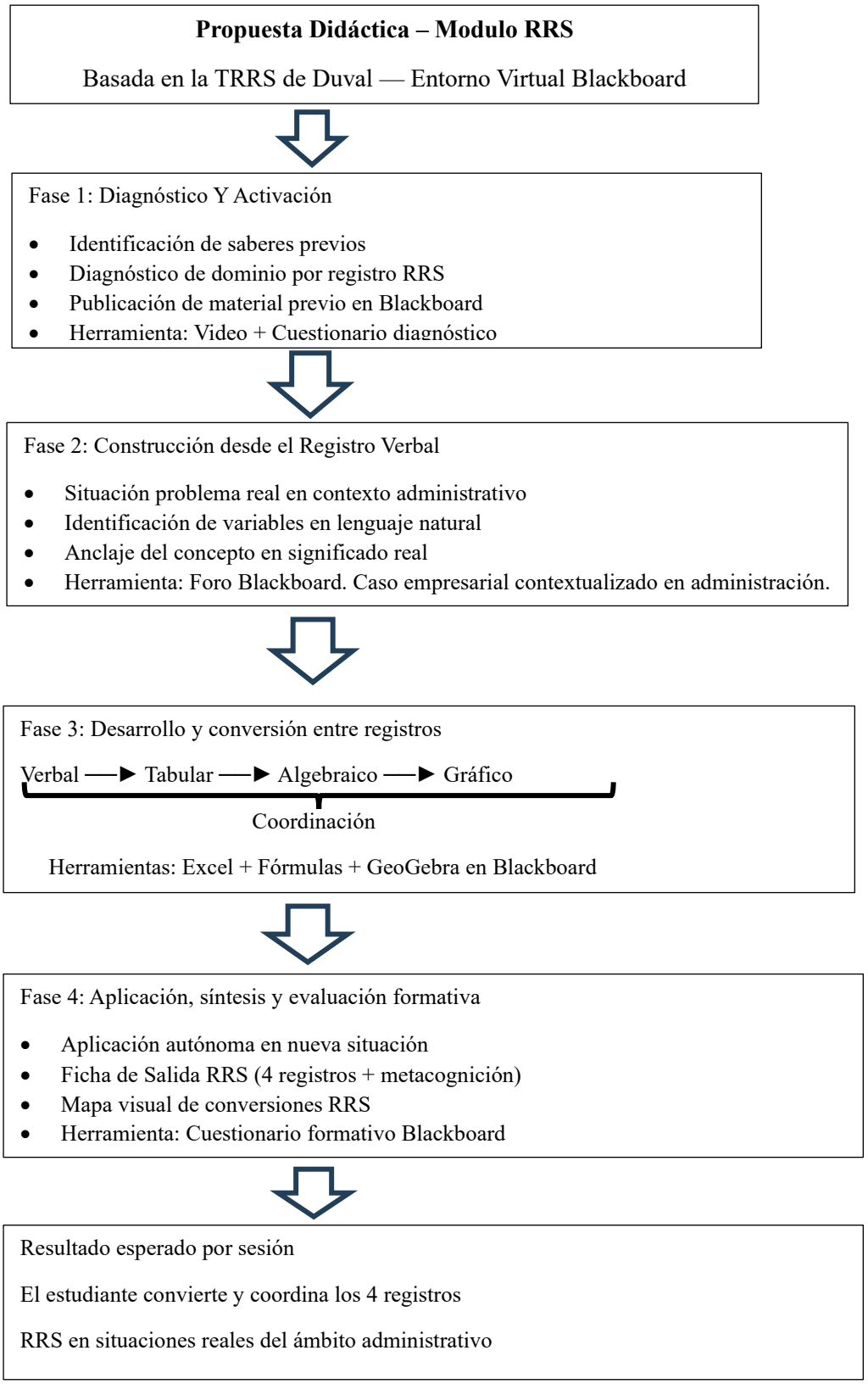
Fase 3. Desarrollo y conversión entre registros: fase central en la que el estudiante transita explícitamente entre los registros verbal, tabular, algebraico y gráfico, apoyado en herramientas de Blackboard (foro, hoja de cálculo, fórmula matemática, GeoGebra), culminando con una actividad de coordinación simultánea de dos o más registros.

Fase 4. Aplicación, síntesis y evaluación formativa: el estudiante aplica lo construido a una situación nueva del mismo contexto profesional y completa una ficha de salida con una pregunta por registro y una pregunta metacognitiva.

Esta estructura de cuatro fases no está diseñada como una secuencia rígida exclusiva para la función polinomial, sino como un esquema pedagógico general aplicable a otros contenidos matemáticos universitarios, en la medida en que cualquier objeto matemático puede abordarse desde los registros verbal, tabular, algebraico y gráfico. La coordinación simultánea de registros en la Fase 3 constituye el núcleo pedagógico diferenciador del módulo respecto a la enseñanza tradicional, centrada casi exclusivamente en el registro algebraico. Las ocho sesiones se distribuyeron de manera progresiva a lo largo del semestre académico, iniciando con situaciones administrativas sencillas (análisis de costos fijos y variables) y avanzando hacia situaciones de mayor complejidad (proyecciones de ventas con

funciones polinómicas de grado superior), de modo que la exigencia de coordinación entre registros aumentara de forma gradual conforme los estudiantes ganaban dominio de cada registro por separado.

Figura 1: Esquema gráfico secuencial de la Propuesta Didáctica – Módulo RRS



Fuente: Elaboración propia basada en Duval (2020)

Resultados cuantitativos

El grupo control obtuvo una media de 8.64 puntos (DE = 2.13) en el pretest y de 12.09 puntos (DE = 3.34) en el postest, con una ganancia promedio de 3.45 puntos. El grupo experimental obtuvo una media de 8.86 puntos (DE = 2.12) en el pretest y de 13.40 puntos (DE = 2.56) en el postest, con una ganancia promedio de 4.54 puntos, superior a la del grupo control.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de pretest y postest por grupo.

Grupo	n	Media pretest (DE)	Media postest (DE)
Control	33	8.64 (2.13)	12.09 (3.34)
Experimental	35	8.86 (2.12)	13.40 (2.56)

Fuente: elaboración propia.

Para comparar el desempeño del postest entre ambos grupos se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes. Previamente, la prueba de Levene confirmó el supuesto de homogeneidad de varianzas ($p = 0.370 > 0.05$). El resultado del contraste fue $t = 1.82$, con 66 grados de libertad y un valor $p = 0.073$, superior al nivel de significancia de 0.05, por lo que no se rechazó la hipótesis nula de igualdad de medias entre grupos. No obstante, dado que la significancia estadística no siempre refleja la relevancia práctica de una intervención, se calculó el tamaño del efecto mediante la d de Cohen, obteniéndose un valor de 0.44, interpretado como un efecto pequeño a moderado a favor del grupo experimental.

Comparación intragrupal (pretest–postest)

Además de la comparación entre grupos, se evaluó si cada grupo mejoró significativamente entre el pretest y el postest, mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon para rangos con signo, adecuada para datos pareados sin asumir estrictamente la normalidad de las diferencias. En ambos grupos se planteó como hipótesis nula que la mediana de las diferencias entre el postest y el pretest es igual a cero.

Tabla 2. Resultados de la prueba de Wilcoxon para la comparación pretest-postest en cada grupo

Grupo	Estadístico W	Valor p	Decisión
Control	0.00	0.0000016	Se rechaza H0 (mejora significativa)
Experimental	0.00	0.0000000001	Se rechaza H0 (mejora muy significativa)

Fuente: elaboración propia.

En ambos casos se rechazó la hipótesis nula ($p < 0.05$), lo que confirma que tanto el grupo control como el grupo experimental mejoraron su desempeño entre el pretest y el postest. Sin embargo, el valor p obtenido en el grupo experimental ($p \approx 1 \times 10^{-10}$) fue sustancialmente más extremo que el del grupo control ($p \approx 1.6 \times 10^{-6}$), lo que es coherente con la mayor ganancia promedio y el mayor tamaño del efecto observados en dicho grupo. Esta convergencia entre pruebas paramétricas (t de Student) y no paramétricas (Wilcoxon) fortalece la robustez de los hallazgos, al no depender de un único supuesto distribucional.

DISCUSIÓN

Estos resultados son consistentes con investigaciones previas que han encontrado efectos moderados —antes que diferencias intergrupales estadísticamente contundentes— al introducir estrategias basadas en la articulación de registros semióticos en entornos virtuales. Proleón Patricio (2019) reportó que el soporte tecnológico favorece el tránsito entre registros algebraico y gráfico, aunque persisten dificultades de coordinación semántica; algo similar podría explicar por qué, en el presente estudio, la mejora del grupo experimental fue mayor pero no alcanzó significancia estadística frente al grupo control en el contraste directo del postest. La ausencia de significancia estadística intergrupal, en contraste con un tamaño del efecto no despreciable ($d = 0.44$) y con una mejora intragrupal altamente significativa, sugiere que el módulo RRS aportó un valor educativo adicional que, si bien no resultó estadísticamente concluyente en la comparación entre grupos con esta muestra, es pedagógicamente relevante y coherente con los postulados de Duval (2020) sobre la importancia de la coordinación multirregistro para la comprensión matemática.

Este hallazgo también dialoga con los estudios sobre entornos virtuales en la propia institución y en contextos cercanos. Cotrina Clavo et al. (2023) encontraron que la relación entre satisfacción con Blackboard y compromiso académico varía según la naturaleza del curso, lo que es consistente con la idea de que el impacto de la plataforma depende del diseño pedagógico explícito y no de su sola disponibilidad. En esa línea, el módulo RRS no utilizó Blackboard como repositorio de contenidos, sino como un espacio estructurado en cuatro fases que activa deliberadamente cada registro (foro para el verbal, hoja de cálculo para el tabular, fórmula matemática para el algebraico y GeoGebra para el gráfico), lo cual podría explicar la mayor ganancia observada en el grupo experimental.

De manera similar a lo reportado por Meza Castillo y Espinoza Polo (2023), los resultados respaldan que el uso intencional del LMS —y no su mera implementación— se asocia con mejoras en el aprendizaje efectivo.

Finalmente, la mayor ganancia promedio del grupo experimental, la mejora intragrupal altamente significativa confirmada por la prueba de Wilcoxon, y el diseño del módulo en cuatro fases replicables, en conjunto respaldan la pertinencia de continuar validando esta propuesta con muestras de mayor tamaño y en otros contenidos matemáticos universitarios, como una vía concreta para atender la brecha de aprendizaje matemático documentada en el contexto nacional (MINEDU, 2024).

Es importante señalar también las diferencias de diseño respecto a antecedentes cercanos. Mientras que estudios como el de Proleón Patricio (2019) o Moya Lázaro (2023) emplearon diseños cualitativos o de estudio de caso para documentar los procesos de conversión entre registros, el presente estudio optó por un diseño cuantitativo cuasi-experimental, lo que permite cuantificar el impacto agregado de la intervención, pero ofrece menor detalle sobre los mecanismos individuales mediante los cuales cada estudiante coordina los registros. Esta diferencia metodológica explica, en parte, por qué los antecedentes cualitativos reportan con mayor frecuencia dificultades persistentes de coordinación semántica, mientras que el presente estudio, al centrarse en el desempeño agregado, evidencia una mejora medible sin poder precisar en qué fase del módulo se concentran las mayores dificultades. Esta limitación abre una línea de investigación complementaria: el análisis cualitativo, mediante estudio de casos, de los procesos de conversión que realizan los estudiantes dentro de cada una de las cuatro fases del módulo RRS.

CONCLUSIONES

La aplicación de la propuesta didáctica basada en la Teoría de Registros de Representación Semiótica, implementada en el entorno virtual Blackboard, se asoció con una mayor ganancia de aprendizaje en el grupo experimental (4.54 puntos) frente al grupo control (3.45 puntos), con un tamaño del efecto pequeño a moderado (d de Cohen = 0.44), aun cuando la diferencia intergrupal en el postest no alcanzó significancia estadística ($t = 1.82$; $p = 0.073$). La prueba de Wilcoxon confirmó, además, que ambos grupos mejoraron significativamente entre el pretest y el postest, siendo esta mejora considerablemente más pronunciada en el grupo experimental. En conjunto, estos hallazgos sugieren un aporte educativo

adicional de la intervención al proceso de enseñanza-aprendizaje de la función polinomial en contextos de formación administrativa, en línea con los postulados de la TRRS sobre el valor de la coordinación multirregistro.

Se diseñó y validó, mediante juicio de expertos, un módulo didáctico de cuatro fases —diagnóstico y activación, construcción desde el registro verbal, desarrollo y conversión entre registros, y aplicación con evaluación formativa— que articula explícitamente los registros verbal, tabular, algebraico y gráfico mediante herramientas del entorno Blackboard. Su estructura secuencial lo hace replicable para la enseñanza de otros contenidos matemáticos universitarios más allá de la función polinomial.

Se recomienda replicar el estudio con muestras de mayor tamaño y en distintos contextos institucionales, a fin de fortalecer la validez externa de los hallazgos y precisar con mayor potencia estadística el efecto de la intervención. Asimismo, se sugiere complementar el análisis cuantitativo con evidencia cualitativa sobre los procesos de conversión entre registros que realizan los estudiantes, lo que permitiría comprender con mayor profundidad los mecanismos mediante los cuales la TRRS favorece el aprendizaje matemático en entornos virtuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AERA, APA, & NCME. (2014). Standards for educational and psychological testing. American Educational Research Association. https://www.apa.org/science/programs/testing/standards

Alkramiti, A. M., & Alsharidah, M. A. (2022). Evaluating the design of mathematics courses available on the Blackboard platform. *Eurasia Journal of Mathematics*. https://eric.ed.gov/?id=EJ1342375

Amaya Baena, J. (2019). Los sistemas de representación semiótica en la enseñanza de funciones polinómicas de segundo grado en la Institución Educativa Javiera Londoño [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. https://goo.su/omxef4t

Awawdeh Shahbari, J., & Tabach, M. (2020). Features of modeling processes that elicit mathematical models represented at different semiotic registers. Educational Studies in Mathematics, 105, 115–135. https://www.jstor.org/stable/45380359

Brown, M. B., & Forsythe, A. B. (1974). Robust tests for the equality of variances. *Journal of the American Statistical Association*, 69(346), 364–367. https://www.jstor.org/stable/2285659

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Conover, W. J. (1999). Practical nonparametric statistics (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Cotrina Clavo, M. I., Estrada Yglesias, C. L., & Minaya Alvarado, J. C. (2023). Impacto de la satisfacción con el uso de la plataforma Blackboard en el compromiso académico en Matemáticas nivel 1 [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. http://hdl.handle.net/10757/673041

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika, 16(3), 297–334.

Duval, R. (2020). Semiosis y pensamiento humano. Universidad del Valle, Grupo de Educación Matemática.

Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.

Lombardo, G. C., Benítez, V. M., Domínguez, L. J., Skrypczuk, R. M., & Pagnoni, L. R. (2020). Registros semióticos de representación en el tratamiento del crecimiento y concavidad de una función. Revista de Ciencia y Tecnología, 34(1). https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872020000200010

Loise, S. (2024). Año escolar 2024: ¿Cuál es la situación de la educación en el Perú tras la pandemia? Radio Programas del Perú. https://goo.su/wVm2eW

Lozano, R. (2018). Enseñanza de las funciones desde enfoques de representaciones y enfoque comunicacional (con uso de TIC) en cursos iniciales de matemáticas universitarias. Universidad Libre, Seccional Cali. https://goo.su/vOyoM

Meza Castillo, E., & Espinoza Polo, F. A. (2023). Uso de Blackboard y aprendizaje efectivo en una institución de educación superior. Yachaq, 6(2), 45–58. https://revista.uct.edu.pe/index.php/YACHAQ/article/download/470/522

MINEDU. (2024). Perú en PISA 2022: Informe nacional de resultados. Ministerio de Educación del Perú. https://www.gob.pe/minedu

Moreno-Arotzena, O., Pombar-Hospitaler, I., & Barragués, J. I. (2021). University student understanding of the gradient of a function of two variables: An approach from the perspective of the theory of semiotic representation registers. Educational Studies in Mathematics. https://doi.org/10.1007/s10649-020-09994-9

Moya Lázaro, N. R. (2023). Análisis del uso de registros de representación semiótica en el cálculo de límites de funciones en el nivel universitario [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. https://repositorio.pucp.edu.pe/items/aa9fd74e-1c8e-4750-ad65-868bd3017a75

Ortega, J. (2021). Proyecto de aula para la enseñanza a través de la virtualidad de las funciones polinomiales de primero, segundo y tercer grado apoyado en el software GeoGebra [Tesis, Universidad Nacional de Colombia]. https://goo.su/rtCZJM

Peñafiel, M. (2021). ¿Cuál es la relación entre educación y sociedad? *Revista El Recreo*. https://goo.su/Ce09sai

Pineda, W., Sepúlveda, O., & Romera, G. (2022). Registros de representación semiótica para la comprensión de la elipse interactuando con GeoGebra. *Revista Boletín REDIPE*, 11(3), 258–269. https://goo.su/vKlpOLW

Proleón Patricio, D. G. (2019). Un abordaje del multiplicador de Lagrange por medio de la teoría de los registros de representación semiótica en estudiantes de economía [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. https://tesis.pucp.edu.pe/items/f1a962ea-f17a-41cd-968f-81e2e6583d45/full

Valverde Calderón, A. (2018). Los registros de representación semiótica en el aprendizaje del cálculo diferencial [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Educación]. https://repositorio.une.edu.pe/items/be8b9166-94b8-4ff1-a6b7-0f31e3b3f93c