Ciencia y Educación
(L-ISSN: 2790-8402 E-ISSN: 2707-3378)
Vol. 7 No. 12.1
Edición Especial XII 2026

GUIA DIDÁCTICA CONTEXTUALIZADA BASADA EN PROBLEMAS PARA APRENDER POLINOMIOS EN EDUCACIÓN INTERCULTURAL BILINGÜE

CONTEXTUALIZED PROBLEM-BASED TEACHING GUIDE FOR LEARNING POLYNOMIALS IN INTERCULTURAL BILINGUAL EDUCATION

Autores: [1]Nancy Fabiola Naichap Zhunio, [2]Silvia Alexandra Medina Quizhpe, [3]Roberto Barrera Jiménez y [4]Wellington Isaac Maliza Cruz.
[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-5228-2054
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-0808-7045
[3]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5562-0053
[4]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-1426-583X
[1]E-mail de contacto: nfnaichapz@ube.edu.ec
[2]E-mail de contacto: samedinaq@ube.edu.ec
[3]E-mail de contacto: rbarreraj@ube.edu.ec
[4]E-mail de contacto: wimalizac@ube.edu.ec
Afiliación: [1*2*3*4*]Universidad Bolivariana del Ecuador, (Ecuador).
Artículo recibido: 4 de Octubre del 2026.
Artículo revisado: 6 de Noviembre del 2026.
Artículo aprobado: 6 de Noviembre del 2026.
[1]Bióloga, graduada en la Universidad Estatal Amazónica, (Ecuador), con 2 años de experiencia laboral.
[2]Licenciada en Pedagogía de las Ciencias Experimentales de la Matemática y la Física, graduada en la Universidad Nacional de Loja (Ecuador),
[3]Licenciado en Educación con especialidad en Matemática-Computación, graduado de la Universidad de Pinar del Río, (Cuba). Doctor en Ciencias Pedagógicas, graduado de la Universidad de Pinar del Río, (Cuba), con 29 años de experiencia laboral. Actualmente docente de la Maestría en Educación Matemática de la Universidad Bolivariana del Ecuador, (Ecuador).
[4]Ingeniero en Electricidad Especialización Electrónica y Automatización Industrial, graduado de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, (Ecuador). Magíster en Energías Renovables con mención en Eficiencia Energética, graduado de la Universidad de los hemisferios (Ecuador). Magíster en Telecomunicaciones con mención en Gestión de las Telecomunicaciones, graduado de la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, UTEG (Ecuador). Magíster en Matemática con mención en Modelación Matemática, graduado de la Universidad Estatal de Milagro, (Ecuador). Magíster en Electricidad con mención en Sistemas Eléctricos de Potencia, graduado de la Universidad Politécnica Salesiana, (Ecuador). Magíster en Sistemas de Información Gerencial, graduado de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, (Ecuador). Magíster Ejecutivo en Dirección de Empresas con énfasis en Gerencia Estratégica, graduado de la Universidad Regional Autónoma de los Andes, (Ecuador). Doctor en Ciencias Administrativas, graduado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, UNMSM, (Perú). Docente de la Universidad Bolivariana del Ecuador, (Ecuador).

Resumen

El estudio analizó la asociación entre una guía didáctica, estructurada mediante aprendizaje basado en problemas, y el aprendizaje de polinomios en estudiantes de décimo año de Educación General Básica Superior de una institución intercultural bilingüe. Se adoptó un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental de pretest y postest en dos grupos intactos. La muestra analítica estuvo conformada por 62 estudiantes, distribuidos equitativamente entre el grupo experimental y el grupo de comparación. La intervención se desarrolló durante cuatro semanas mediante seis sesiones de 80 minutos, organizadas alrededor de situaciones relacionadas con un huerto escolar comunitario. El rendimiento se evaluó con una prueba de 20 ítems que integró las dimensiones: conceptual, procedimental y de modelación. También se analizaron los productos grupales mediante una rúbrica común. El grupo experimental alcanzó una diferencia media pretest-postest de 6.71 puntos, mientras que el grupo de comparación obtuvo 3.58 puntos. La diferencia de 3.13 puntos fue estadísticamente significativa y presentó una magnitud elevada. El cambio fue más amplio en la dimensión de modelación, seguido del componente procedimental; en la dimensión conceptual la diferencia no fue concluyente. Los errores vinculados con signos, términos semejantes, operaciones y traducción algebraica disminuyeron descriptivamente en mayor proporción en el grupo experimental. Se concluye que la intervención se asoció con mayores diferencias pretest-postest de aprendizaje, aunque los resultados deben interpretarse considerando la asignación por grupos intactos, la duración limitada, la participación de una sola institución

y las limitaciones de consistencia interna del instrumento.

Palabras clave: Aprendizaje basado en problemas, Polinomios, Modelación matemática, Educación intercultural bilingüe, Educación básica superior.

Abstract

This study examined the association between a teaching guide structured through problem-based learning and polynomial learning among tenth-grade students in Upper Basic General Education at an intercultural bilingual institution. A quantitative approach with a quasi-experimental pretest–posttest design involving two intact groups was adopted. The analytical sample comprised 62 students, equally distributed between the experimental and comparison groups. The intervention was carried out over four weeks through six 80-minute sessions organized around situations related to a community school garden. Achievement was assessed with a 20-item test covering the conceptual, procedural, and modelling dimensions. Group products were also analyzed using a common rubric. The experimental group achieved a mean pretest–posttest gain of 6.71 points, whereas the comparison group obtained 3.58 points. The 3.13-point difference was statistically significant and showed a large magnitude. The change was greatest in the modelling dimension, followed by the procedural component, while the difference in the conceptual dimension was inconclusive. Errors related to signs, like terms, operations, and algebraic translation decreased descriptively to a greater extent in the experimental group. It is concluded that the intervention was associated with greater pretest–posttest learning gains, although the results should be interpreted in light of the intact-group assignment, the limited duration, the participation of a single institution, and the internal-consistency limitations of the instrument.

Keywords: Problem-based learning, polynomials, mathematical modeling, intercultural bilingual education, upper basic education.

Sumario

O estudo analisou a associação entre um guia didático, estruturado por meio da aprendizagem baseada em problemas, e a aprendizagem de polinômios em estudantes do décimo ano da Educação Geral Básica Superior de uma instituição intercultural bilíngue. Adotou-se uma abordagem quantitativa, com delineamento quase experimental de pré-teste e pós-teste em dois grupos intactos. A amostra analítica foi composta por 62 estudantes, distribuídos igualmente entre o grupo experimental e o grupo de comparação. A intervenção foi desenvolvida durante quatro semanas, por meio de seis sessões de 80 minutos, organizadas em torno de situações relacionadas a uma horta escolar comunitária. O desempenho foi avaliado com uma prova de 20 itens que integrou as dimensões conceitual, procedimental e de modelagem. Os produtos grupais também foram analisados mediante uma rubrica comum. O grupo experimental alcançou uma diferença média pré-teste–pós-teste de 6,71 pontos, enquanto o grupo de comparação obteve 3,58 pontos. A diferença de 3,13 pontos foi estatisticamente significativa e apresentou magnitude elevada. A mudança foi mais ampla na dimensão de modelagem, seguida do componente procedimental, ao passo que, na dimensão conceitual, a diferença não foi conclusiva. Os erros relacionados a sinais, termos semelhantes, operações e tradução algébrica diminuíram descritivamente em maior proporção no grupo experimental. Conclui-se que a intervenção esteve associada a maiores diferenças de aprendizagem entre o pré-teste e o pós-teste, embora os resultados devam ser interpretados considerando a atribuição por grupos intactos, a duração limitada, a participação de uma única instituição e as limitações de consistência interna do instrumento.

Palavras-chave: Aprendizagem baseada em problemas, Polinômios, Modelagem matemática, Educação intercultural bilíngue, Educação básica superior.

Introducción

El aprendizaje de los polinomios constituye un paso importante en el desarrollo del pensamiento algebraico durante la educación secundaria. Al pasar de la aritmética al álgebra, el estudiante

comienza a utilizar letras para representar cantidades, expresar relaciones y formular generalizaciones. En este proceso, reconocer un término, identificar su coeficiente o determinar el grado de un polinomio adquiere sentido cuando estos conocimientos permiten interpretar una expresión y decidir cómo operar con ella. Kieran (1992) destaca que la comprensión del álgebra requiere reconocer las estructuras y relaciones que sustentan los procedimientos. En la misma línea, Radford (2014) explica que el pensamiento algebraico se desarrolla progresivamente mediante la generalización y el uso de representaciones para comunicar relaciones entre cantidades. Sin embargo, en secundaria persisten dificultades para vincular las operaciones con polinomios con su significado y sus posibilidades de aplicación en la modelación de situaciones (Pleština et al., 2025).

Los resultados de PISA 2022 sitúan este problema en un contexto más amplio. En América Latina, una proporción considerable de estudiantes presenta dificultades para interpretar situaciones sencillas y representarlas matemáticamente (OECD, 2023). En Ecuador, el currículo de Matemática para la Educación General Básica Superior contempla el trabajo con expresiones algebraicas, la resolución de problemas y la comprobación de resultados (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016). En décimo año, la articulación de estas destrezas exige que el estudiante comprenda el enunciado, identifique las cantidades que intervienen, seleccione una operación y explique el resultado obtenido.

Por ejemplo, al representar el perímetro de un terreno cuyos lados se expresan en función de una variable, debe distinguir qué representa cada término, decidir cuáles pueden sumarse y comprobar si la expresión resultante corresponde a la situación planteada. Este tipo de tarea permite apreciar diferencias entre la capacidad de operar con una expresión dada y la de construirla a partir de un problema. El aprendizaje basado en problemas (ABP) ofrece una estrategia didáctica para abordar estas exigencias. Barrows y Tamblyn (1980) lo conciben como un enfoque en el que una situación problemática da inicio al aprendizaje y orienta la búsqueda de los conocimientos necesarios para resolverla. Desde la perspectiva socioconstructivista, la interacción entre pares y la mediación del docente favorecen la construcción y revisión de significados (Vygotsky, 1978; Hmelo, 2004).

En una actividad sobre polinomios, este principio se concreta cuando los estudiantes formulan expresiones para una misma situación, comparan sus propuestas y explican por qué dos expresiones aparentemente distintas pueden ser equivalentes. La intervención docente resulta decisiva para orientar la atención hacia las variables, pedir una justificación o sugerir una comprobación que ayude a identificar un error. La formulación del problema, la secuencia de preguntas y los apoyos que recibe el grupo forman parte del diseño de la experiencia (Hmelo, 2004; Savery, 2006).

Las investigaciones sobre el ABP en educación matemática aportan antecedentes para esta propuesta. Juandi y Tamur (2021) documentaron resultados favorables en el pensamiento matemático, Fitriyah et al. (2022) identificaron mejoras en el razonamiento y Bron y Prudente (2024) señalaron aportes al desarrollo de la creatividad matemática. Otras revisiones han encontrado beneficios en la resolución de problemas, el desempeño académico y las habilidades cognitivas vinculadas al aprendizaje de las matemáticas (Aba-Oli et al., 2025; Anzani y Juandi, 2022; Ayari et al., 2025; Edy et al., 2024; Erdem, 2022; Salsabila y Asih, 2024). La magnitud de los resultados varía según la habilidad evaluada, el tipo de tarea y las condiciones en que se implementa la intervención

(Ismail et al., 2022; Samritin, 2024; Siagian et al., 2023; Suparman y Juandi, 2022; Sutisna et al., 2023). También influyen el nivel educativo, las características de la población y el diseño utilizado para comparar los desempeños (Camacho et al., 2025; Ghefira et al., 2026; Mulyadi et al., 2025; Ssali et al., 2025).

Estas diferencias justifican examinar qué aspectos concretos del aprendizaje de los polinomios progresan con una guía basada en el ABP. Asimismo, la variabilidad de los resultados afectivos indica que la percepción estudiantil y el desempeño académico deben interpretarse como resultados diferenciados (Abate et al., 2022). En las instituciones comunitarias interculturales bilingües, el diseño de los problemas exige considerar la lengua en la que se presenta la tarea y las experiencias que los estudiantes pueden movilizar para interpretarla. Comprender un enunciado algebraico supone identificar a qué cantidades se refiere, distinguir los datos conocidos de los que pueden variar y traducir esas relaciones al lenguaje simbólico.

La familiaridad con la situación descrita puede facilitar que el estudiante explique primero su razonamiento con sus propias palabras y luego lo exprese mediante símbolos. Los estudios sobre competencias lingüísticas, problemas auténticos y metodologías activas destacan la importancia de atender estas condiciones en la enseñanza de las matemáticas en contextos culturalmente diversos (Canto et al., 2022; Cao Thi et al., 2023; English, 2023). Dos perspectivas complementan el ABP en este contexto. La educación matemática realista de Freudenthal (1991) distingue entre la *matematización horizontal*, mediante la cual se traduce una situación a una representación matemática, y la *matematización vertical*, que permite reorganizar y formalizar las relaciones representadas. En una tarea con polinomios, el primer proceso ocurre cuando el estudiante expresa mediante una variable una cantidad que cambia. El segundo se observa cuando simplifica la expresión, compara formas equivalentes o propone una regla general. Por su parte, la etnomatemática reconoce los conocimientos que las comunidades construyen en sus prácticas de conteo, medición y organización de cantidades (D'Ambrosio, 2001).

Ambas perspectivas orientan la selección de situaciones cercanas al estudiantado que, a su vez, planteen una exigencia algebraica precisa (Mufti et al., 2024; Tamur et al., 2020). El metaanálisis de Pratama y Yanpar (2024) respalda esta articulación al documentar resultados favorables de la enseñanza basada en la etnomatemática sobre la alfabetización matemática. A partir de estos fundamentos, el estudio abordó el aprendizaje de los polinomios en tres dimensiones. La dimensión conceptual comprendió la identificación de términos, coeficientes, variables y grado, así como la clasificación de expresiones según su estructura (Pleština et al., 2025).

La dimensión procedimental abarcó la suma, resta y multiplicación de polinomios, con especial atención a la reducción de términos semejantes, la propiedad distributiva y el manejo de signos y paréntesis. La dimensión de modelación consideró la capacidad de traducir una situación del entorno a una expresión polinómica, comprobar el resultado mediante sustitución o estimación y explicar su significado en el contexto original (Freudenthal, 1991; Radford, 2014). Esta distinción permite identificar, por ejemplo, si un estudiante logra efectuar correctamente una multiplicación, pero todavía necesita apoyo para reconocer cuándo esa operación representa la relación descrita en un problema. Aunque la literatura documenta experiencias de ABP en distintos niveles educativos, siguen siendo escasos los estudios que examinan el aprendizaje de polinomios en décimo año de Educación General Básica

Superior en instituciones comunitarias interculturales bilingües de Zamora Chinchipe. En particular, se dispone de pocos antecedentes que combinen un diseño cuasiexperimental con grupo de comparación y un análisis diferenciado de los aprendizajes conceptuales, procedimentales y de modelación. Este vacío dio origen a la pregunta de investigación: ¿en qué medida difiere el progreso en el aprendizaje de polinomios entre los estudiantes de décimo año que participan en una guía didáctica basada en el ABP y quienes continúan con la enseñanza habitual?

El objetivo general fue comparar el cambio en el desempeño entre el pretest y el postest de ambos grupos, tanto en la puntuación global como en cada una de las tres dimensiones. Los objetivos específicos fueron fundamentar teórica y metodológicamente la propuesta, diagnosticar el desempeño inicial de los participantes, diseñar e implementar la guía en el grupo experimental y comparar el progreso alcanzado por ambos grupos mediante evaluaciones calificadas en una escala de 0 a 20 puntos. Se planteó la hipótesis de que la aplicación de la guía didáctica basada en el ABP se asociaría con un mayor incremento del puntaje entre el pretest y el postest en el grupo experimental respecto del grupo de comparación.

Materiales y Métodos

Se empleó un enfoque cuantitativo y un diseño cuasiexperimental de pretest y postest con grupo de comparación. La comparación principal se realizó sobre las diferencias individuales pretest-postest, donde debido a la organización institucional, no fue posible efectuar una asignación aleatoria individual. La población estuvo conformada por 64 estudiantes de décimo año de Educación General Básica Superior, distribuidos en dos paralelos de 32. Se utilizó un muestreo no probabilístico por grupos intactos. La intervención se asignó por paralelo: uno constituyó el grupo experimental y el otro el grupo de comparación, que continuó con la enseñanza habitual. La muestra que finalmente se analizó estuvo formada por 62 estudiantes, 31 en el grupo experimental y 31 en el de comparación, todos los cuales rindieron tanto el pretest como el postest y asistieron como mínimo al 80 % de las sesiones, mientras que dos participantes, uno por cada grupo, quedaron fuera del análisis al no presentarse a la evaluación final. En cuanto a su composición, el grupo experimental contó con 13 varones y 18 mujeres y el de comparación con 14 varones y 17 mujeres, y para resguardar la identidad de los estudiantes, el seguimiento de los participantes y de las exclusiones se llevó a cabo mediante códigos alfanuméricos anonimizados.

El docente responsable de Matemática realizó la planificación en ambos grupos. Se mantuvieron equivalentes la duración de las sesiones, los contenidos abordados y las condiciones de evaluación; la principal diferencia entre los grupos correspondió a la metodología didáctica aplicada. La intervención consistió en la aplicación de una guía didáctica, sustentada en el Aprendizaje Basado en Problemas, conformada por seis secuencias articuladas en torno a un proyecto integrador: la planificación e implementación de un huerto escolar comunitario (tabla 1).

Tabla 1. *Secuencia de contenidos y procedimientos de la guía didáctica.*

Guía y contenido	Procedimiento central
Guía 1 Suma y resta de polinomios	Representación, operación y verificación.
Guía 2 Reducción de términos semejantes	Organización, reducción y simplificación.
Guía 3 Multiplicación de polinomios	Distribución, productos parciales y verificación.
Guía 4 Productos notables	Desarrollo, simplificación y representación geométrica.
Guía 5 Factorización	Selección del método, factorización y comprobación.
Guía 6 Proyecto integrador	Modelación, resolución y argumentación.

Fuente: Elaboración propia.

La guía se aplicó al grupo experimental durante cuatro semanas, mediante seis sesiones de 80 minutos, mientras que el grupo de comparación continuó con la enseñanza habitual del mismo contenido curricular. El trabajo se organizó en equipos de cuatro o cinco estudiantes, con roles rotativos de coordinador, escribiente, verificador y expositor, con el propósito de distribuir la responsabilidad cognitiva y comunicativa dentro de cada grupo durante la resolución de los problemas planteados en cada sesión.

Para efectos del análisis metodológico, los ocho momentos didácticos de cada guía se agruparon en cinco fases del Aprendizaje Basado en Problemas: análisis del problema (momentos 1 y 2), indagación guiada (momento 3), construcción de la solución (momentos 4 y 5), validación (momento 6) y comunicación y formalización (momentos 7 y 8). Esta agrupación permitió asegurar la correspondencia entre el desarrollo operativo de las sesiones y el marco conceptual del estudio. El docente responsable de la asignatura aplicó la guía en el grupo experimental siguiendo la secuencia establecida, con el apoyo de preguntas orientadoras, fichas de organización de la información, rúbricas de producto y estrategias de verificación mediante sustitución numérica y revisión de procedimientos, incorporadas en cada sesión. El rendimiento en polinomios se evaluó mediante una prueba objetiva compuesta por 20 ítems dicotómicos, calificados como respuesta correcta (1) o incorrecta (0), con una puntuación total comprendida entre 0 y 20 puntos.

La prueba se organizó en tres dimensiones siguiendo la matriz de especificaciones (ver tabla 2), de manera que la dimensión conceptual, que abarcaba los ítems 1 a 6, se centró en los polinomios y sus elementos, es decir, en los términos, los coeficientes y los grados, además de su clasificación, la identificación de términos semejantes y la evaluación de expresiones. Por su parte, la dimensión procedimental, que reunía los ítems 7 a 15, se ocupó de la suma y la resta, el manejo de los paréntesis, la reducción y el ordenamiento de términos y la multiplicación de monomios y binomios, mientras que la dimensión de modelación, compuesta por los ítems 16 a 20, valoró la capacidad de los estudiantes para llevar situaciones contextualizadas al lenguaje algebraico, definir las variables, interpretar las expresiones obtenidas y comprobar sus resultados.

Tabla 2. *Matriz de especificaciones de la prueba de polinomios.*

Dimensión	Indicadores evaluados	Ítems	Puntaje
Conceptual	Polinomio, término, coeficiente, grado, clasificación, términos semejantes y evaluación de expresiones.	1-6	6
Procedimental	Suma, resta, paréntesis, reducción, ordenamiento y multiplicación de monomios y binomios.	7-15	9
Modelación	Traducción de situaciones, variables, interpretación, verificación y problema contextualizado.	16-20	5

Fuente: Elaboración propia.

Los productos grupales se evaluaron mediante una rúbrica analítica común de cuatro criterios: modelo algebraico, procedimientos, verificación y comunicación. Cada criterio se puntuó de 1 a 4, con una puntuación máxima de 16 puntos por producto (ver tabla 3). por rangos de puntuación e intervalos de confianza del 95 %. Antes de realizar los contrastes, se evaluó la normalidad de las puntuaciones de diferencias mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados no mostraron una desviación significativa de la normalidad en el grupo experimental ($W = 0.962$; $p = 0.327$), pero sí en el grupo de comparación ($W = 0.890$; $p = 0.004$). La homogeneidad de varianzas entre los grupos fue respaldada por la prueba de Levene ($F = 0.507$; $p = 0.479$)

Tabla 3. *Criterios de la rúbrica para productos grupales.*

Criterio	1	2	3	4
Modelo algebraico	No define variables.	Variables ambiguas.	Modelo coherente.	Modelo claro, con supuestos y unidades.
Procedimientos	Errores frecuentes.	Procedimiento incompleto.	Correcto con pocos errores.	Correcto y explicado.
Verificación	No verifica.	Verifica al final.	Verifica con un método.	Verifica y analiza coherencia.
Comunicación	Registro desordenado.	Registro legible con poca explicación.	Explica pasos principales.	Argumenta con lenguaje matemático.

Fuente: Elaboración propia.

La intervención se aplicó durante cuatro semanas del año lectivo 2025-2026, en la jornada regular de clases. En la primera semana se administró el pretest a ambos grupos y se realizó una inducción sobre roles y acuerdos de trabajo. Entre las semanas 1 y 4 se desarrollaron los seis problemas de la guía didáctica. En la cuarta semana se aplicó el postest. Durante el proceso se recopilaron los productos escritos de cada equipo y notas de observación de aula.

Los registros individuales observados se organizaron en una matriz anonimizada y se procesaron estadísticamente. Se calcularon medias, desviaciones estándar, distribuciones. Como la intervención se asignó por paralelo y únicamente se contó con un paralelo para cada condición, no fue posible estimar desde el punto de vista estadístico un efecto del tratamiento que tuviera en cuenta el agrupamiento por conglomerados, motivo por el cual las comparaciones hechas a nivel individual se entienden como análisis exploratorios de las diferencias que se observaron entre los estudiantes de uno y otro paralelo.

Los cambios que cada grupo experimentó entre el pretest y el postest se analizaron con pruebas t de Student para muestras relacionadas, y para la comparación principal entre ambos grupos se recurrió a una prueba t de Student para muestras independientes aplicada a las diferencias individuales, decisión que se mantuvo aun cuando el grupo de comparación no cumplió el supuesto de normalidad, puesto que los dos grupos contaban con el mismo número de estudiantes y la prueba de Levene confirmó que sus varianzas eran homogéneas, circunstancias en las que este tipo de contraste tolera bien las desviaciones moderadas de la normalidad. Todos los análisis se realizaron con un nivel de significación bilateral de $\alpha = 0.05$, mientras que para estimar la magnitud de los efectos se empleó la d de Cohen en las comparaciones entre grupos y el índice dz en los cambios dentro de cada grupo (Cohen, 1988).

Para el análisis de errores, las respuestas se clasificaron en seis categorías previamente definidas: signos y paréntesis, reducción de términos semejantes, aplicación de la propiedad distributiva en productos, orden de las operaciones, traducción verbal-simbólica y verificación e interpretación de los resultados. La consistencia interna, calculada de manera exploratoria mediante el coeficiente Kuder-Richardson 20, fue de -0.29 en el pretest y 0.53 en el postest. Estos valores constituyen una limitación psicométrica del instrumento.

En particular, el valor negativo del pretest indica que la consistencia interna no fue adecuada para respaldar una interpretación unidimensional del conjunto de ítems en esa aplicación. Por ello, los resultados se interpretan principalmente a partir de las puntuaciones observadas, el funcionamiento de los ítems y la coherencia entre las dimensiones evaluadas, evitando presentar la prueba como un instrumento con evidencia sólida de

confiabilidad interna. La participación fue voluntaria y contó con autorización institucional. Se resguardó la confidencialidad mediante códigos alfanuméricos y se omitió el nombre de la institución en la versión destinada a revisión. Los resultados se presentan de forma agregada.

Resultados y Discusión

En el pretest, el grupo experimental obtuvo M = 8.19 (DE = 1.85) y el grupo de comparación M = 8.13 (DE = 2.01). La diferencia no fue estadísticamente significativa, t (60) = 0.13, p = .896, d = 0.03, IC 95 % [−0.92, 1.05] (figura 1).

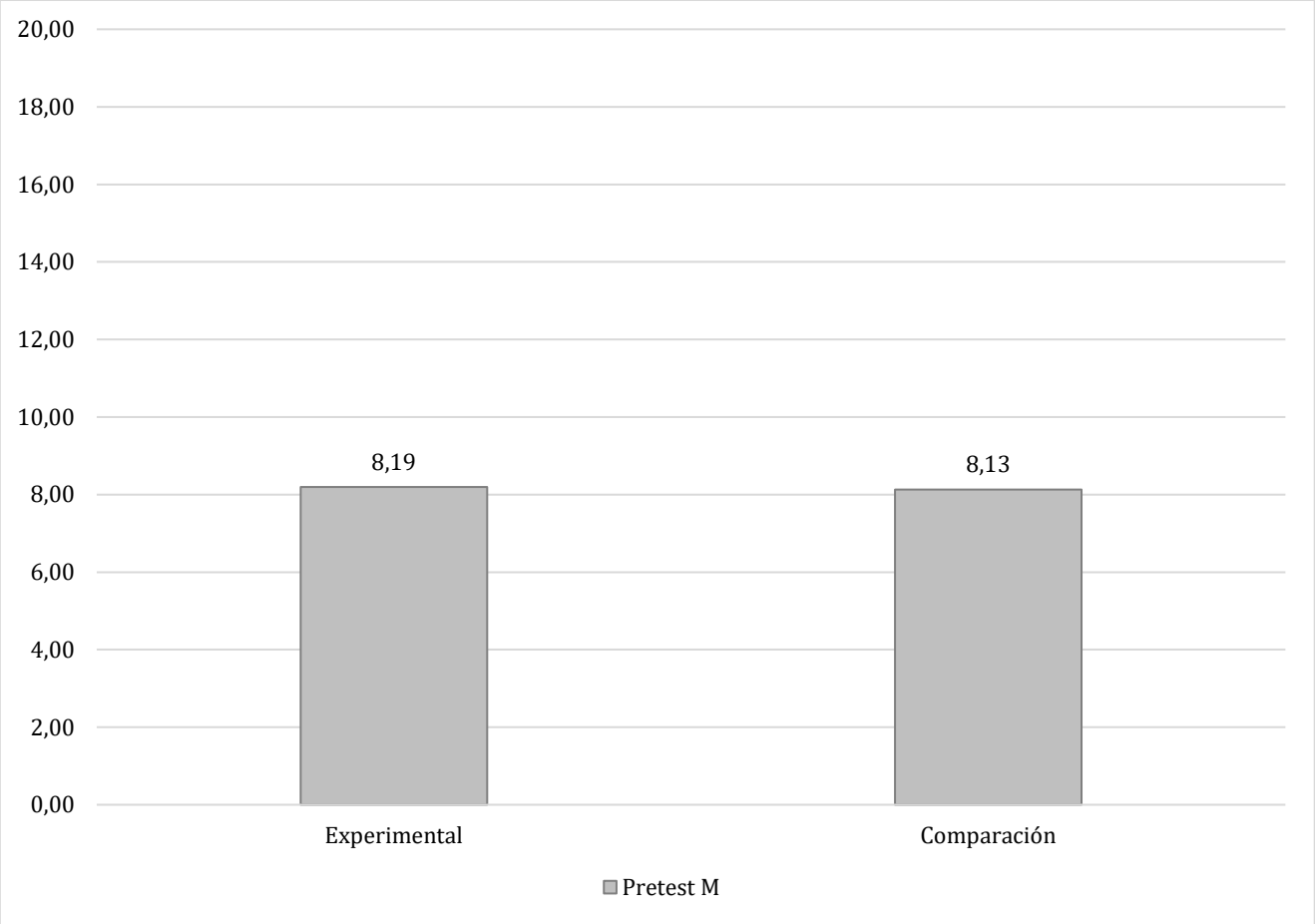


Figura 1. *Desempeño global pretest por grupo.*

Fuente: Elaboración propia.

Este resultado indica que no se detectó una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos en el desempeño inicial medido por la prueba; sin embargo, debido a la asignación por paralelos intactos, no permite establecer equivalencia plena entre las condiciones ni descartar diferencias en variables no observadas. La guía se estructuró en seis secuencias que abordaron, de forma progresiva, la suma y la resta, la reducción de términos semejantes, la multiplicación, los productos notables, la factorización y un proyecto integrador (Figura 2), con el propósito de avanzar desde las operaciones básicas hacia tareas de integración y modelación vinculadas al huerto escolar comunitario.

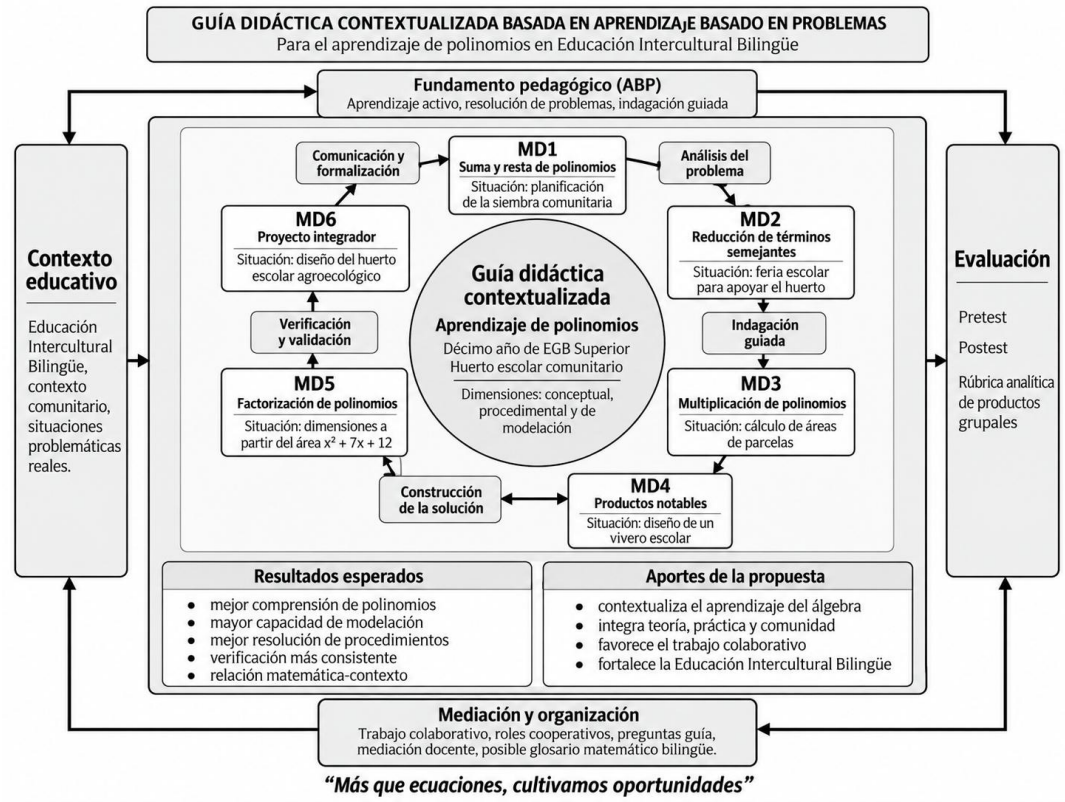


Figura 2. *Modelo general de la guía didáctica para el aprendizaje de polinomios.*

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta este orden progresivo, los estudiantes pudieron pasar de las operaciones más básicas a tareas cada vez más exigentes, en las que fueron relacionando el lenguaje algebraico con situaciones cercanas a su realidad, al tiempo que, desde el punto de vista metodológico, el trabajo se desarrolló a lo largo de ocho momentos didácticos distribuidos en las cinco fases del Aprendizaje Basado en Problemas, que abarcan el análisis del problema, la indagación guiada, la construcción de la solución, la validación y, finalmente, la comunicación y formalización de lo aprendido.

Las actividades se llevaron a cabo en equipos de cuatro o cinco estudiantes, en los que cada integrante fue asumiendo de manera rotativa los roles de coordinador, escribiente, verificador y expositor, y para acompañar este trabajo la guía incluyó preguntas orientadoras, tablas para organizar la información, tareas individuales, productos elaborados en grupo, rúbricas de evaluación y estrategias para que los propios estudiantes comprobaran sus resultados mediante la sustitución de valores numéricos. En el centro del modelo se ubica el aprendizaje de polinomios como eje articulador de la propuesta, mientras que alrededor se organizan las secuencias didácticas que permiten avanzar desde operaciones básicas hasta tareas de integración y modelación. Asimismo, la figura permite visualizar que la guía no constituye un conjunto aislado de ejercicios, sino una propuesta estructurada que combina problemas contextualizados, trabajo colaborativo, verificación de resultados, comunicación matemática y evaluación formativa, con el propósito de favorecer un aprendizaje más

significativo y pertinente para el estudiantado. El grupo experimental (ver tabla 4) alcanzó una diferencia media de 6.71 puntos (DE = 2.97; IC 95 % [5.62, 7.80]), mientras que el grupo de comparación obtuvo 3.58 puntos (DE = 3.51; IC 95 % [2.29, 4.87]). La diferencia fue de 3.13 puntos, t (60) = 3.79, p < .001, d = 0.96, IC 95 % [1.48, 4.78]. Como análisis complementario, el postest también favoreció al grupo experimental, t (60) = 5.03, p < .001, d = 1.28, IC 95 % [1.92, 4.46].

Tabla 4. *Estadísticos descriptivos y diferencias de la prueba.*

Grupo	n	Pretest M ± DE	Postest M ± DE	Diferencia M ± DE	IC 95 % Diferencia
Experimental	31	8.19 ± 1.85	14.90 ± 2.49	6.71 ± 2.97	[5.62, 7.80]
Comparación	31	8.13 ± 2.01	11.71 ± 2.51	3.58 ± 3.51	[2.29, 4.87]

Fuente: Elaboración propia.

En el pretest, 27 estudiantes del grupo experimental y 24 del grupo de comparación obtuvieron entre 0 y 9 puntos, mientras que en el postest el panorama cambió de forma visible, ya que 21 participantes del grupo experimental se situaron entre 14 y 20 puntos, frente a apenas cuatro del grupo de comparación (ver tabla 5), lo que refleja un avance mucho más marcado hacia los rangos superiores en el primero de ellos, donde se observa que en el grupo de comparación buena parte de los estudiantes permaneció en los rangos intermedios, entre 10 y 13 puntos, mientras que en el grupo experimental ese segmento se redujo de manera considerable, lo cual indica que la mayoría de estos estudiantes no solo elevó su puntuación, sino que logró avanzar directamente hacia los niveles más altos de desempeño. Este patrón de desplazamiento concentrado en los rangos superiores es coherente con la progresión de complejidad creciente con la que se diseñó la secuencia de guías, en la que cada sesión demandaba un mayor nivel de integración entre los procedimientos algebraicos y su aplicación a situaciones contextualizadas. Los datos de la tabla 6, que comparan la diferencia entre el pretest y el postest de ambos grupos en cada dimensión, muestran que la ventaja del grupo experimental no se manifestó con la misma intensidad en todos los aprendizajes evaluados.

Tabla 5. *Distribución de estudiantes por rango de puntaje.*

Rango	Experimental		Comparación	
(0-20)	Pretest	Postest	Pretest	Postest
0-9	27	2	24	7
10-13	4	8	7	20
14-16	0	14	0	3
17-20	0	7	0	1

Fuente: Elaboración propia.

En la dimensión conceptual, este grupo mejoró en promedio 2.19 puntos (DE = 0.98), mientras que el de comparación lo hizo en 1.71 (DE = 1.24), una distancia que, si bien se asocia con un tamaño del efecto pequeño a moderado (d = 0.43), no alcanzó significación estadística (t(60) = 1.70; p = 0.094) y presenta un intervalo de confianza que incluye el cero [-0.09; 1.05], por lo que no permite extraer conclusiones firmes, algo que podría deberse a que nociones como términos, coeficientes y grados suelen enseñarse de forma bastante parecida con independencia de la metodología utilizada.

Tabla 6. *Comparación de las diferencias pretest-postest.*

Dimensión	Experimental M ± DE	Comparación M ± DE	t (60)	p	d	IC 95 % diferencia
Conceptual	2.19 ± 0.98	1.71 ± 1.24	1.70	0.094	0.43	[-0.09, 1.05]
Procedimental	2.94 ± 1.50	1.77 ± 1.93	2.64	0.010	0.67	[0.28, 2.04]
Modelación	1.58 ± 0.85	0.10 ± 0.87	6.80	< .001	1.73	[1.05, 1.92]

Fuente: Elaboración propia.

En la dimensión procedimental, el grupo experimental avanzó 2.94 puntos (DE = 1.50) frente a 1.77 (DE = 1.93) del grupo de comparación, una diferencia significativa y de efecto moderado (t(60) = 2.64; p = 0.010; d =0.67; IC 95 % [0.28; 2.04]) que podría atribuirse a la verificación mediante sustitución numérica y al rol de verificador en cada equipo, mientras que en modelación la brecha fue aún mayor, pues el grupo experimental mejoró 1.58 puntos (DE = 0.85) y el de comparación apenas 0.10 (DE = 0.87) (t(60) = 6.80; p < .001; d = 1.73; IC 95 % [1.05; 1.92]), resultado relevante al tratarse de la dimensión que evaluaba la expresión de situaciones reales en lenguaje algebraico. La figura 3 muestra esta tendencia, donde se aprecia cómo la brecha entre ellos se va abriendo a medida que se avanza de la dimensión conceptual a la procedimental.

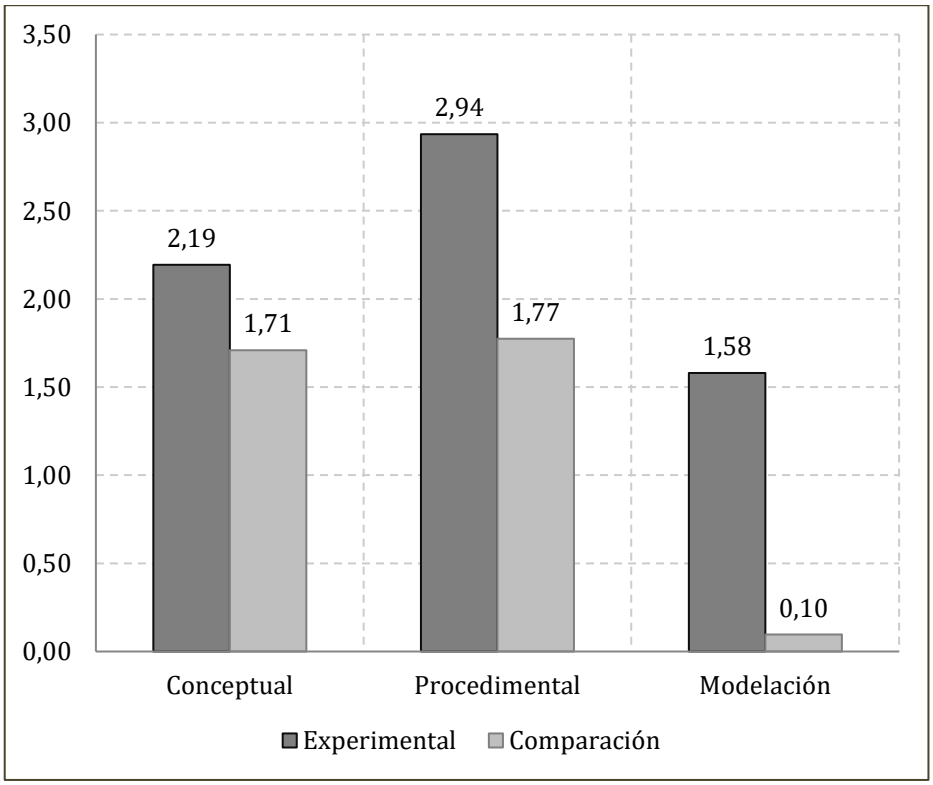


Figura 3*. Diferencia media pretest-postest por dimensión.*

Fuente: Elaboración propia.

En la primera, ambas barras tienen una altura similar; en la segunda, la del grupo experimental ya se distingue con mayor claridad, y en la tercera la barra del grupo de comparación resulta casi imperceptible al lado de la del experimental, lo que pone de manifiesto que el aporte de la propuesta fue mayor precisamente en aquellas tareas que exigían aplicar el álgebra a contextos concretos. En la tabla 7 se aprecia que, en el postest, el grupo experimental superó el 70 % de

aciertos en 15 de los 20 ítems, frente a solo tres en el grupo de comparación, con avances especialmente notables en la suma simple (de 19.4 % a 80.6 %) y la interpretación del coeficiente (de 22.6 % a 80.6 %), además de diferencias amplias entre grupos en el grado del polinomio, el producto de binomio por binomio y el modelo con dos variables, lo que concuerda con la ventaja observada en las dimensiones procedimental y de modelación.

Tabla 7. *Porcentaje de aciertos por ítem.*

Ítem	Contenido	Pre Exp (%)	Post Exp (%)	Pre Comp (%)	Post Comp (%)
1	Concepto y término	38.7	80.6	35.5	71.0
2	Coeficiente y variable	32.3	80.6	35.5	67.7
3	Grado	51.6	90.3	38.7	48.4
4	Clasificación por términos	41.9	71.0	58.1	67.7
5	Términos semejantes	45.2	71.0	35.5	83.9
6	Evaluación en x	35.5	71.0	32.3	67.7
7	Suma simple	19.4	80.6	38.7	80.6
8	Resta simple	51.6	83.9	61.3	58.1
9	Suma con paréntesis	29.0	61.3	25.8	61.3
10	Resta con paréntesis	35.5	71.0	48.4	67.7
11	Reducción de términos	48.4	74.2	35.5	45.2
12	Ordenamiento	51.6	80.6	38.7	54.8
13	Multiplicación de monomios	45.2	48.4	48.4	61.3
14	Producto binomio por monomio	35.5	67.7	22.6	45.2
15	Producto binomio por binomio	45.2	87.1	16.1	38.7
16	Modelo con una variable	64.5	67.7	45.2	45.2
17	Modelo con dos variables	41.9	83.9	38.7	45.2
18	Interpretación de coeficiente	22.6	80.6	61.3	41.9
19	Verificación por sustitución	41.9	58.1	58.1	58.1
20	Problema abierto	41.9	80.6	38.7	61.3

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, el progreso no fue uniforme, ya que en la multiplicación de monomios y el modelo con una variable el grupo experimental apenas mejoró, en los términos semejantes el grupo de comparación obtuvo un porcentaje mayor y en la verificación por sustitución ambos cerraron con el mismo 58.1 %, mientras que el grupo de comparación incluso retrocedió en la interpretación del coeficiente, de modo que la propuesta parece haber favorecido sobre todo los aprendizajes ligados a la aplicación del álgebra, aunque deja aspectos como la multiplicación de monomios y la verificación de resultados que convendría reforzar. La disminución de los errores se analizó de forma descriptiva, a partir de la diferencia entre los porcentajes registrados en el pretest y en el postest, y en todas las categorías consideradas el grupo experimental logró reducirlos en mayor medida que el grupo de comparación, con distancias entre ambos que fueron de 16.1 a 22.6 puntos porcentuales (ver tabla 8). Aun así, estos datos no deben tomarse como una prueba inferencial de que la propuesta sea superior, ya que no se aplicó un contraste estadístico específico para respuestas binarias emparejadas que permitiera sostener esa conclusión. Como se observa en la Tabla 9, los puntajes medios obtenidos en la rúbrica de productos grupales muestran una evolución progresiva a lo largo de la intervención.

Tabla 8. *Presencia y reducción de errores por categoría.*

Categoría	Pre Exp	Post Exp	Red. Exp	Pre Comp	Post Comp	Red. Comp	Dif. red.
Signos y paréntesis	71.0	29.0	41.9	71.0	45.2	25.8	16.1
Términos semejantes	64.5	22.6	41.9	67.7	41.9	25.8	16.1
Distribución en producto	61.3	32.3	29.0	61.3	48.4	12.9	16.1
Orden de operaciones	54.8	29.0	25.8	54.8	45.2	9.7	16.1
Traducción verbal-simbólica	67.7	35.5	32.3	64.5	54.8	9.7	22.6
Verificación e interpretación	77.4	41.9	35.5	74.2	61.3	12.9	22.6

Fuente: Elaboración propia.

La media de los equipos subió de 9.8 puntos en el primer problema a 13.1 en el sexto, al mismo tiempo que la desviación estándar bajó de 1.9 a 1.3, lo que da a entender que, a medida que avanzaban las sesiones, los equipos no solo mejoraron su desempeño en la construcción del modelo algebraico, los procedimientos, la verificación y la comunicación matemática, sino que además sus resultados se fueron volviendo cada vez más parejos, aunque conviene tener presente que estos datos constituyen una evidencia descriptiva que complementa la mirada sobre el trabajo en grupo y no una prueba inferencial capaz de demostrar, por sí sola, el efecto de la guía.

Tabla 9. *Puntaje de rúbrica por problema.*

Problema	M	DE
P1	9.8	1.9
P2	10.7	1.7
P3	11.2	1.6
P4	12.0	1.5
P5	12.6	1.4
P6	13.1	1.3

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar las diferencias entre el pretest y el postest, el grupo experimental mostró un incremento mayor que el grupo de comparación, con un tamaño del efecto grande, resultado que concuerda con las revisiones que atribuyen al Aprendizaje Basado en Problemas efectos favorables sobre el razonamiento, la creatividad y el desempeño matemático (Ayari et al., 2025; Juandi y Tamur, 2021). Desde la perspectiva socioconstructivista que orientó este estudio, es posible interpretar que el trabajo conjunto en torno a un problema real, apoyado en roles cooperativos y en la orientación de la docente, propició una construcción del conocimiento algebraico más activa que la que suele promover la enseñanza habitual (Hmelo, 2004; Vygotsky, 1978).

La mayor diferencia se dio en modelación, resultado coherente con una guía centrada en traducir situaciones a expresiones algebraicas y con la concepción de Radford (2014) del pensamiento algebraico como un proceso semiótico progresivo, lo que sugiere que la intervención trascendió el manejo mecánico de símbolos, tal como confirma el análisis por ítems, cuyos avances abarcaron la interpretación de coeficientes, donde el grupo de comparación retrocedió, el modelo con dos variables y el problema abierto, evidenciando una mejor comprensión estructural de las expresiones algebraicas. En el componente procedimental la diferencia fue moderada, mientras que en el conceptual no resultó concluyente, razón por la cual no es apropiado extender el efecto de la intervención a todas las dimensiones del aprendizaje, y esta falta de uniformidad coincide con la distinción que propone Kieran (1992) entre el dominio estructural del álgebra, vinculado al

reconocimiento de propiedades, relaciones y objetos matemáticos, y su dimensión procedimental, centrada en la ejecución de operaciones, dos aspectos que no necesariamente avanzan al mismo ritmo.

Por otra parte, vincular los problemas con el entorno favorece la participación y la construcción de significado (Pratama y Yanpar Yelken, 2024), en línea con la perspectiva etnomatemática de D'Ambrosio (2001), y el huerto escolar comunitario actuó como puente entre el álgebra formal y una práctica cercana para los estudiantes, de modo que, aunque el diseño no permite aislar el efecto de la contextualización cultural del atribuible al ABP, el resultado en modelación sugiere que la pertinencia cultural de las situaciones contribuyó a dar sentido a lo aprendido.

Las seis categorías de error se redujeron en mayor medida en el grupo experimental, y una explicación pedagógica razonable se encuentra en la práctica constante de comprobación mediante sustitución numérica y revisión entre compañeros, en consonancia con el proceso de matematización vertical descrito por Freudenthal (1991), según el cual los estudiantes no se limitan a construir una primera representación del problema, sino que la validan y la perfeccionan de manera progresiva, aunque, al no haberse aplicado un contraste inferencial para datos binarios emparejados, este hallazgo debe mantenerse en un plano descriptivo. El aumento de las puntuaciones en la rúbrica de productos grupales, que pasaron de 9.8 a 13.1 puntos entre el primer y el sexto problema, aporta una perspectiva adicional desde el marco socioconstructivista, dado que la organización en equipos con roles rotativos de coordinador, escribiente, verificador y expositor pretendía repartir la responsabilidad cognitiva entre sus integrantes, en coherencia con la noción vygotskiana de mediación social del aprendizaje (Vygotsky, 1978) y con la concepción del ABP como un proceso en el que el estudiante asume, de forma gradual, la responsabilidad de definir estrategias y validar sus decisiones (Hmelo, 2004; Savery, 2006).

La reducción de la desviación estándar, acompañada del aumento de la media, sugiere además que esta mediación no solo elevó el desempeño promedio, sino que disminuyó las diferencias entre los equipos, patrón que concuerda con la idea de que el andamiaje progresivo que ofrecen la docente y los propios compañeros favorece una nivelación paulatina del desempeño, si bien, al tratarse de un indicador registrado únicamente en el grupo experimental y sobre tareas de complejidad creciente, debe entenderse como evidencia complementaria del proceso y no como prueba del efecto de la intervención.

Estos resultados deben interpretarse considerando algunas limitaciones del estudio, entre ellas el trabajo con grupos intactos y un solo paralelo por condición, la participación de un mismo docente en ambos grupos, la breve duración de la intervención, su desarrollo en una única institución y la baja consistencia interna de la prueba (KR-20 = -0.29 en el pretest y 0.53 en el postest), factores que restringen la precisión de las inferencias y su generalización.

Conclusiones

La fundamentación teórica y metodológica permitió diseñar una guía para el aprendizaje de polinomios en décimo año de Educación General Básica Superior, articulando el socioconstructivismo, la Educación Matemática Realista y la etnomatemática. Cada perspectiva orientó una decisión didáctica. El socioconstructivismo sustentó la discusión de estrategias en equipos con roles rotativos. La Educación Matemática Realista orientó el paso de las situaciones del huerto escolar a su representación algebraica, mientras que la

etnomatemática fundamentó la elección de un proyecto vinculado con la experiencia comunitaria. Estos principios se concretaron en una secuencia organizada según las cinco fases del aprendizaje basado en problemas (ABP) y ocho momentos didácticos. Así, el huerto escolar proporcionó un referente común para que los estudiantes explicaran qué representaban las variables, por qué elegían determinada operación y qué significado tenía el resultado obtenido.

El diagnóstico inicial evidenció un desempeño bajo en ambos grupos. Las medias se situaron alrededor de 8 puntos sobre 20 y la mayoría de los estudiantes obtuvo calificaciones entre 0 y 9 puntos. Esta concentración de puntajes mostró que las dificultades en el aprendizaje de polinomios afectaban a una parte amplia del estudiantado y justificó la implementación de una propuesta que integrara comprensión conceptual, práctica de operaciones y modelación. Las diferencias iniciales entre el grupo experimental y el de comparación carecieron de significación estadística. Por tanto, ambos grupos mostraron desempeños iniciales similares en la prueba aplicada, aunque la asignación por paralelos deja abierta la posibilidad de que existieran otras diferencias entre ellos.

La aplicación de las seis secuencias didácticas durante cuatro semanas mostró que fue posible desarrollar la guía completa en las condiciones de la institución participante. A lo largo del proyecto, los productos grupales obtuvieron puntuaciones progresivamente más altas y homogéneas en la construcción del modelo algebraico, la ejecución de los procedimientos, la verificación de los resultados y la comunicación matemática. Este seguimiento permitió apreciar un aspecto que la calificación final, por sí sola, difícilmente refleja. Conforme avanzaron las secuencias, los equipos mejoraron tanto en la resolución de las tareas como en la explicación de la relación entre el problema, la expresión elegida y la respuesta obtenida. Esta evidencia corresponde al trabajo colectivo y complementa la evaluación individual realizada mediante el pretest y el postest.

En la comparación global, el grupo experimental registró una mejora significativamente mayor que el grupo que continuó con la enseñanza habitual, con un tamaño del efecto grande ($d = 0{,}96$). El análisis por dimensiones permitió precisar dónde se concentró esa diferencia. El efecto más amplio se observó en la modelación, especialmente en la traducción de situaciones del entorno al lenguaje algebraico y en la interpretación de las expresiones obtenidas. En la dimensión procedimental, el efecto fue moderado, lo que indica un avance comparativo de menor magnitud en la ejecución de operaciones con polinomios. En la dimensión conceptual, la evidencia fue insuficiente para establecer una diferencia clara entre los grupos. Esta distinción es relevante para la práctica docente, pues un estudiante puede construir una expresión adecuada para una situación y aún necesitar apoyo para explicar las propiedades de sus términos o los criterios que permiten clasificarla.

El principal aporte didáctico de la experiencia fue mostrar cómo un proyecto comunitario puede dar continuidad al trabajo algebraico. En las actividades del huerto escolar, la representación, el cálculo y la comprobación respondían a una misma situación, de modo que el resultado de una operación debía interpretarse a la luz del problema que le daba origen. La correspondencia entre esta forma de trabajo y el mayor avance observado en modelación respalda el uso de problemas contextualizados cuando el propósito es que los

estudiantes construyan e interpreten expresiones polinómicas. Para fortalecer la dimensión conceptual, convendría incorporar momentos de síntesis en los que cada estudiante compare expresiones, identifique sus propiedades y justifique individualmente los criterios utilizados.

El alcance de los resultados está condicionado por el carácter cuasiexperimental y exploratorio del estudio. La participación de un único paralelo por condición dificulta distinguir la contribución de la guía de las características propias de cada grupo. Asimismo, la aplicación en una sola institución durante cuatro semanas circunscribe los hallazgos al contexto y al periodo evaluados. La baja consistencia interna de la prueba también reduce la precisión de las estimaciones y exige cautela al interpretar las diferencias por dimensiones. En futuras investigaciones será pertinente incluir varios paralelos por condición, ampliar el número de instituciones y considerar en el análisis la agrupación de los estudiantes por aula. Una revisión psicométrica del instrumento y una evaluación de seguimiento permitirían estimar con mayor precisión qué aprendizajes se mantienen y examinar la contribución específica de la contextualización comunitaria, el trabajo cooperativo y las actividades de verificac

Referencias Bibliográficas

Aba-Oli, Z., Koyas, K., & Husen, A. (2025). Higher-order thinking skills-oriented problem-based learning interventions in mathematics: A systematic literature review. School Science and Mathematics, 125(3), 214–231. https://doi.org/10.1111/ssm.12676

Abate, A., Atnafu, M., & Michael, K. (2022). Visualization and problem-based learning approaches and students' attitude toward learning mathematics. *Pedagogical Research, 7(2)*, em0119. https://doi.org/10.29333/pr/11725

Anzani, V., & Juandi, D. (2022). Meta-analysis: The effect of problem-based learning assisted GeoGebra software on students' mathematic ability. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika, 6(2)*, 1900–1907. https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i2.1425

Ayari, M. A., Sellami, A., Santhosh, M. E., Naji, K. K., Al-Ali, A., & Al-Hazbi, S. M. A. (2025). From problems to performance: A systematic review of problem-based learning in K-12 mathematics. *Frontiers in Education, 10*, 1731307. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1731307

Barrows, H., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education.* Springer Publishing Company. https://app.nova.edu/toolbox/instructionalproducts/edd8124/fall11/1980-BarrowsTamblyn-PBL.pdf

Bron, J., & Prudente, M. S. (2024). Examining the effect of problem-based learning approach on learners' mathematical creativity: A meta-analysis. *International Journal of Research in Education and Science, 10(3)*, 653–668. https://doi.org/10.46328/ijres.3456

Camacho, E., Cueva, M., Sarmiento, N., & Zhumi, J. E. (2025). Revisión sistemática del Aprendizaje Basado en Problemas en la enseñanza de la matemática: un análisis con la metodología PRISMA. *ASCE Magazine, 4(2)*, 401–425. https://doi.org/10.70577/ASCE/401.425/2025

Canto, M., Manchado, M., Piñero, J., Mera Cantillo, C., Delgado Casas, C., Aragón Mendizábal, E., & García Sedeño, M. A. (2022). Description of main innovative and alternative methodologies for mathematical learning of written algorithms in primary education. *Frontiers in Psychology, 13*, 913536. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.913536

Cao Thi, H., Le, T. A., Tran Ngoc, B., & Phan Thi Phuong, T. (2023). Factors affecting the numeracy skills of students from mountainous ethnic minority regions in Vietnam: Learners' perspectives. *Cogent Education, 10(1)*, 2202121.

https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2202121

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

D'Ambrosio, U. (2001). *Ethnomathematics: Link between traditions and modernity.* Sense Publishers.

Edy, S. K., Novaliyosi, N., & Widodo, S. A. (2024). Systematic literature review: Implementation of problem-based learning (PBL) on students' mathematical cognitive and affective aspects. *PRISMA, 13(1)*, 1–8. https://doi.org/10.35194/jp.v13i1.3278

English, L. (2023). Ways of thinking in STEM-based problem solving. *ZDM–Mathematics Education, 55(7)*, 1219–1230. https://doi.org/10.1007/s11858-023-01474-7

Erdem, C. (2022). A comparative meta-analysis of the effects of problem-based learning model on K-12 students' cognitive outputs. *Educational Studies, 50(6)*, 1498–1519. https://doi.org/10.1080/03055698.2022.2103650

Fitriyah, I. M., Putro, N. H. P. S., & Apino, E. (2022). Meta analysis study: Effectiveness of problem-based learning on Indonesian students' mathematical reasoning ability. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika, 9(1)*, 36–45. https://doi.org/10.21831/jrpm.v9i1.46447

Freudenthal, H. (1991). *Revisiting mathematics education: China lectures.* Kluwer Academic Publishers.

Ghefira, A., Jupri, A., Dahlan, J. A., & Lukman. (2026). Implementation and research trends of problem-based learning in mathematics education at school: A systematic literature review. *Jurnal Math-UMB.EDU, 13(3)*. https://doi.org/10.36085/math-umb.edu.v13i3.10542

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review, 16(3)*, 235–266. https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

Ismail, M. F., Yuliany, N., & Savitri, D. (2022). Meta analisis: Problem based learning (PBL) terhadap kemampuan pemahaman konsep peserta didik. *Alauddin Journal of Mathematics Education, 4(1)*, 64–78. https://doi.org/10.24252/ajme.v4i1.29056

Juandi, D., & Tamur, M. (2021). The impact of problem-based learning toward enhancing mathematical thinking: A meta-analysis study. *Journal of Engineering Science and Technology, 16(4)*, 3548–3561 https://www.researchgate.net/publication/353759290_The_impact_of_problem-based_learning_toward_enhancing_mathematical_thinking_A_meta-analysis_study

Kieran, C. (1992). *The learning and teaching of school algebra. In D. A. Grouws (Ed.), Handbook of research on mathematics teaching and learning (pp. 390–419).* Macmillan. https://psycnet.apa.org/record/1992-97586-017

Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Currículo de los niveles de educación obligatoria: Área de Matemática.* Ministerio de Educación. https://educacion.gob.ec/curriculo-mate

Mufti, F. I., Meiliasari, & Rahayu, W. (2024). Systematic literature review: Realistic mathematics education based on ethnomathematics. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika Jakarta, 7(2)*. https://doi.org/10.21009/jrpmj.v7i2.40540

Mulyadi, Y., Sarifah, I., & Yunus, M. (2025). Problem-based learning model on students' mathematical ability: A meta-analysis. *Journal of Mathematics Instruction, Social Research and Opinion, 4(4)*, 1376–1388. https://doi.org/10.58421/misro.v4i4.880

OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education.* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Pleština, J., Milin Šipuš, Ž., & Bašić, M. (2025). Polynomials—Unifying or fragmenting high school mathematics? *Education Sciences, 15(7)*, 854. https://doi.org/10.3390/educsci15070854

Pratama, R. A., & Yanpar Yelken, T. (2024). Effectiveness of ethnomathematics-based learning on students' mathematical literacy: A meta-analysis study. *Discover Education,*

3, 202. https://doi.org/10.1007/s44217-024-00309-1

Radford, L. (2014). The progressive development of early embodied algebraic thinking. *Mathematics Education Research Journal, 26(2)*, 257–277. https://doi.org/10.1007/s13394-013-0087-2

Salsabila, S., & Asih, E. C. M. (2024). The effect of problem-based learning models on students' mathematical problem-solving ability: A meta-analysis. *Jurnal Pendidikan MIPA, 25(2)*, 864–877. https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i2.pp864-877

Samritin, S. (2024). Meta-analisis pengaruh model problem-based learning terhadap kemampuan matematika siswa. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika, 8(1)*, 97–108. https://doi.org/10.31004/cendekia.v8i1.2929

Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 1(1)*, 9–20. https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002

Siagian, Q., Darhim, D., Juandi, D., & Khairunnisa, K. (2023). The effect of problem-based learning (PBL) on improving students' mathematical ability: Meta-analysis. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika, 7(3)*, 2252–2264. https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.2166

Ssali, C., Batiibwe, M. S. K., Dahl, B., Kaliisa, H., Mango, J. M., & Mayende, G. (2025). Problem-based learning in secondary school mathematics: A review. *Educational Research, 67(2)*, 212–230. https://doi.org/10.1080/00131881.2025.2493255

Suparman, & Juandi, D. (2022). Upgrading mathematical problem-solving abilities through problem-based learning: A meta-analysis study in some countries. *AIP Conference Proceedings, 2575*, 080017. https://doi.org/10.1063/5.0107757

Sutisna, E., Syamsuri, S., Hendrayana, A., & Mutaqin, A. (2023). Meta-analysis: Pengaruh model problem-based learning terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika, 7(3)*, 3148–3161. https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.1453

Tamur, M., Juandi, D., & Adem, A. M. G. (2020). Realistic mathematics education in Indonesia and recommendations for future implementation: A meta-analysis study. *JTAM: Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika, 4(1)*, 17. https://doi.org/10.31764/jtam.v4i1.1786

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Harvard University Press. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3889261

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Nancy Fabiola Naichap Zhunio, Silvia Alexandra Medina Quizhpe, Roberto Barrera Jiménez y Wellington Isaac Maliza Cruz.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT).

Nancy Fabiola Naichap Zhunio: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio.

Silvia Alexandra Medina Quizhpe: curación y organización de los datos, participación en la recolección de información, validación de los resultados obtenidos y elaboración de representaciones gráficas y visualización de los datos.

Roberto Barrera Jiménez: provisión de recursos académicos y materiales para el desarrollo del estudio, apoyo en la administración del proyecto investigativo y revisión editorial del manuscrito antes de su publicación.

Wellington Isaac Maliza Cruz: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.

Declaración de financiamiento

La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.

Declaración del editor

El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.

Declaración de los revisores

Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.

Declaración ética de la investigación

Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.