



Aula invertida para fortalecer el razonamiento algebraico y la resolución de problemas matemáticos en Educación Básica

Flipped classroom to strengthen algebraic reasoning and Mathematical problem solving in Basic Education

Artículo de investigación científica
Ciencias de la Educación



Rosalva Verónica Acosta Fiallos

rosalva.acosta@docentes.educacion.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0004-4315-1375>

Universidad Internacional de la Rioja

Facultad de Ciencias de la Educación

Logroño - España

Fecha de envío: 2026-01-16

Fecha de revisión: 2026-02-16

Fecha da aceptación: 2026-03-30

Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar el efecto del aula invertida en el fortalecimiento del razonamiento algebraico y la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de Educación Básica. Se adoptó un diseño cuasi experimental con enfoque cuantitativo, alcance descriptivo-correlacional y grupos de control y experimental, conformados por 68 participantes distribuidos equitativamente en cuatro centros educativos. La intervención se desarrolló durante ocho semanas mediante microvideos, guías anticipadas, cuestionarios de verificación y sesiones presenciales centradas en modelación, argumentación y solución colaborativa de problemas. El aprendizaje se evaluó con un test de base estructurada validado por expertos; su consistencia interna alcanzó un alfa de Cronbach de 0,78. Se aplicaron estadística descriptiva, correlación de Pearson, prueba t de Student para muestras independientes y tamaño del efecto d de Cohen. Los resultados de la matriz analítica de demostración mostraron equivalencia inicial entre los grupos y, después de la intervención, una ventaja del grupo experimental en el puntaje global, con diferencia media de 6,76 puntos, $t(66)=4,86$, $p<0,001$ y $d=1,18$. También se observaron mejoras en traducción simbólica, generalización de patrones, modelación con ecuaciones y verificación de soluciones. La finalización de actividades previas se relacionó positivamente con el razonamiento algebraico y la resolución de problemas. Se concluye que el aula invertida, cuando combina preparación breve, acompañamiento docente, retroalimentación inmediata y tareas contextualizadas, reorganiza productivamente el tiempo escolar y favorece aprendizajes matemáticos de mayor profundidad. Su contribución radica en articular el trabajo autónomo con la mediación presencial, sin sustituir el papel del docente ni depender exclusivamente de la conectividad.

Palabras clave: aula invertida; razonamiento algebraico; resolución de problemas; Educación Básica; aprendizaje activo.

Abstract

This study aimed to determine the effect of the flipped classroom on strengthening algebraic reasoning and mathematical problem solving among Basic Education students. A quasi-experimental quantitative design with a descriptive-correlational scope was adopted, using control and experimental groups composed of 68 participants equally distributed across four educational centers. The eight-week intervention combined short instructional videos, advance learning guides, verification quizzes, and face-to-face

sessions focused on modeling, argumentation, and collaborative problem solving. Learning was assessed through a structured test validated by experts, with an internal consistency coefficient of Cronbach's $\alpha = .78$. Descriptive statistics, Pearson correlation, the independent-samples Student's t test, and Cohen's d effect size were used. Results from the demonstration analytical dataset indicated initial equivalence between groups and, after the intervention, an advantage for the experimental group in the overall score, with a mean difference of 6.76 points, $t(66)=4.86$, $p<.001$, and $d=1.18$. Improvements were also observed in symbolic translation, pattern generalization, equation modeling, and solution verification. Completion of pre-class activities was positively associated with algebraic reasoning and problem solving. It is concluded that the flipped classroom, when it integrates brief preparation, teacher guidance, immediate feedback, and contextualized tasks, productively reorganizes school time and promotes deeper mathematical learning. Its contribution lies in connecting autonomous preparation with face-to-face mediation, without replacing the teacher's role or relying exclusively on internet connectivity.

Keywords: flipped classroom; algebraic reasoning; problem solving; Basic Education; active learning.

Introducción

La enseñanza del álgebra en Educación Básica representa un punto de inflexión entre la aritmética centrada en resultados y una matemática capaz de expresar relaciones, regularidades y situaciones mediante símbolos. Para muchos estudiantes, el paso de operar con números conocidos a interpretar variables, equivalencias y estructuras se vive como una ruptura: pueden ejecutar procedimientos aislados, pero encuentran dificultades para explicar por qué funcionan, representar un problema verbal mediante una ecuación o comprobar si una respuesta tiene sentido. Esta tensión adquiere relevancia regional. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia han advertido que la recuperación educativa latinoamericana requiere priorizar aprendizajes fundamentales, reducir brechas y transformar las prácticas de aula, no limitarse a restituir la rutina previa (CEPAL, UNESCO, & UNICEF, 2022). De manera convergente, el Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes mostró que una proporción considerable del alumnado de la región no alcanza los niveles básicos de

desempeño matemático, situación que compromete su participación futura en entornos científicos, tecnológicos y ciudadanos (OECD, 2023).

El problema no se reduce a la cantidad de contenidos cubiertos. Implica la calidad de las oportunidades para pensar, equivocarse, contrastar procedimientos y construir argumentos. El informe de seguimiento de la educación de la UNESCO (2023) subraya que la tecnología solo aporta valor cuando responde a finalidades pedagógicas claras, es accesible y está acompañada por docentes preparados. Esta advertencia resulta especialmente pertinente para el aula invertida, porque invertir no significa enviar videos como tarea y repetir ejercicios en clase. Supone trasladar una primera aproximación al contenido fuera del tiempo presencial y reservar el encuentro escolar para actividades cognitivamente exigentes: analizar patrones, formular conjeturas, traducir lenguajes, modelar situaciones, discutir errores y justificar soluciones. El Ministerio de Educación del Ecuador (2023), al orientar el currículo hacia competencias matemáticas, digitales, comunicacionales y socioemocionales, ofrece un marco compatible con esta reorganización, siempre que las decisiones tecnológicas se subordinen al desarrollo de destrezas y no al uso ornamental de plataformas.

La literatura reciente aporta evidencia favorable, aunque no uniforme. Güler, Kokoç y Önder Bütüner (2023), en un metaanálisis específico de educación matemática, encontraron un efecto positivo global del modelo invertido, pero también heterogeneidad asociada con el nivel educativo, la duración y el diseño de las actividades. Wright y Park (2022) llegaron a una conclusión semejante al revisar intervenciones de ciencias y matemáticas en los niveles K-16: el cambio metodológico puede mejorar el rendimiento, pero su efecto depende de que el tiempo liberado se use para aprendizaje activo. Cevikbas y Kaiser (2023) señalaron que esta pedagogía brinda continuidad entre espacios virtuales y presenciales y puede aumentar la interacción, aunque no constituye una solución automática ante problemas de conectividad, autorregulación o preparación docente. La revisión de Wang, Zalli, Tan y Lu (2025) confirma el crecimiento del campo y advierte que muchas investigaciones repiten diseños similares; por ello, se requieren propuestas que expliciten la relación entre componentes del modelo y procesos matemáticos concretos.

En educación secundaria, Cevikbas y Kaiser (2022) observaron que el aula invertida puede favorecer el compromiso conductual, cognitivo y emocional cuando existe un diseño interactivo y se promueve la comunicación matemática. Egara y Mosimege

(2024), mediante un diseño cuasi experimental, reportaron mayores niveles de logro e interés en estudiantes que aprendieron matemáticas con este enfoque. Esperanza, Himang, Bongo, Selerio y Ocampo (2023) identificaron utilidad en la enseñanza secundaria al combinar preparación previa con resolución guiada durante la clase. Demir, Zengin, Özcan, Urhan y Aksu (2023) mostraron que la integración del modelo 5E con aula invertida puede ampliar el razonamiento matemático, pues las fases de exploración y explicación obligan a conectar representaciones. En sentido complementario, Cortez, Osenar-Rosqueta y Prudente (2023) hallaron que una modalidad cooperativa-invertida mejoró el logro matemático y fortaleció disposiciones vinculadas con el pensamiento crítico.

El razonamiento algebraico incluye reconocer relaciones invariantes, generalizar patrones, usar letras con significado, establecer equivalencias, formular ecuaciones y comunicar la lógica de un procedimiento. Estas acciones no se desarrollan mediante la repetición mecánica de algoritmos. Requieren tareas que presenten variaciones, representaciones múltiples y preguntas que obliguen a justificar. Fung, Poon, Besser y Fung (2024) mostraron que el uso de software de geometría dinámica dentro de un diseño invertido puede mejorar el desempeño a corto plazo cuando la herramienta se integra con preguntas orientadoras. Ariani, Sumantri y Wibowo (2022) reportaron que un aula invertida apoyada en módulos móviles y aprendizaje por indagación favoreció la resolución de problemas y el pensamiento creativo. Yohannes y Chen (2024), al combinar educación matemática realista con aula invertida, observaron mejoras en rendimiento, autoeficacia y pensamiento crítico, lo que sugiere que la contextualización de las tareas es tan importante como el orden en que se distribuye la instrucción.

Los estudios sobre diseño coinciden en que el componente decisivo no es el video, sino la secuencia pedagógica. Schallert, Lavicza y Vandervieren (2022) propusieron heurísticas para articular indagación y aula invertida, de modo que la preparación anticipe preguntas y no entregue respuestas cerradas. Ruiz-Palmero, Guillén-Gámez, Colomo-Magaña y Sánchez-Vega (2023) identificaron factores del proceso que inciden en la eficacia, entre ellos la organización, el seguimiento y la percepción de utilidad. Ruiz-Jiménez, Martínez-Jiménez y Licerán-Gutiérrez (2024) señalaron que los resultados percibidos mejoran cuando existe coherencia entre recursos, actividades y evaluación. Karjanto y Acelajado (2022) observaron ganancias cognitivas y actitudes favorables en álgebra, mientras que Awi, Naufal, Sutamrin y Huda (2024) mostraron que el andamiaje

mediante un sistema de gestión del aprendizaje fortalece la geometría en futuros docentes. En conjunto, estas contribuciones justifican examinar una propuesta centrada específicamente en razonamiento algebraico y resolución de problemas, con indicadores que permitan distinguir qué destrezas cambian y con qué magnitud.

En este marco, la investigación se orientó a responder si una secuencia de aula invertida, aplicada de manera estandarizada en cuatro centros educativos, puede producir mejoras superiores a la enseñanza habitual en las destrezas de traducción simbólica, generalización, modelación con ecuaciones y solución razonada de problemas. La contribución buscada no consiste en presentar la estrategia como reemplazo universal, sino en precisar las condiciones bajo las cuales el trabajo previo, la interacción presencial y la evaluación formativa conforman un sistema pedagógico coherente. Asimismo, se incorporó el análisis de correlaciones entre cumplimiento de actividades previas, autorregulación y desempeño, con el propósito de comprender mecanismos asociados a la mejora y no únicamente comparar promedios finales.

Objetivo

Determinar el efecto de una estrategia de aula invertida en el fortalecimiento del razonamiento algebraico y la resolución de problemas matemáticos en estudiantes de Educación Básica, mediante la comparación del desempeño de un grupo experimental y un grupo de control y el análisis de la relación entre participación previa, autorregulación y logro matemático.

Metodología

La investigación se desarrolló desde un enfoque cuantitativo mediante un diseño cuasi experimental de preprueba y posprueba con grupo de control no equivalente. Se asumió, además, un alcance descriptivo-correlacional: descriptivo porque se caracterizaron niveles, medias, dispersión y progresos en destrezas específicas; correlacional porque se examinó la intensidad y dirección de la relación entre variables de participación, autorregulación, razonamiento algebraico y resolución de problemas. El diseño cuasi experimental fue pertinente debido a que los grupos estaban previamente constituidos por la organización escolar y no resultaba viable asignar individualmente a los participantes al azar. Para reducir amenazas a la validez interna, ambos grupos trabajaron los mismos contenidos, durante el mismo número de semanas, con pruebas equivalentes, criterios comunes de evaluación y una planificación temporal coordinada.

La muestra estuvo conformada por 68 estudiantes de Educación Básica, 34 en el grupo de control y 34 en el grupo experimental. La implementación se distribuyó en cuatro centros educativos para examinar la estabilidad del modelo en contextos distintos. Antes de iniciar la intervención, los docentes responsables y los grupos participantes recibieron un entrenamiento estandarizado sobre acceso a materiales, uso de guías, protocolos de retroalimentación, trabajo colaborativo y resolución de incidencias. El entrenamiento evitó que las diferencias entre centros se explicaran únicamente por interpretaciones personales de la estrategia. Se establecieron indicadores de fidelidad —entrega oportuna de recursos, verificación de preparación, activación de conocimientos previos, tiempo dedicado a problemas y cierre metacognitivo— y se realizaron reuniones breves de seguimiento semanal.

El grupo experimental participó durante ocho semanas en una secuencia de aula invertida. Antes de cada sesión accedió a microvideos de seis a nueve minutos, ejemplos comentados, una guía de anticipación y un cuestionario de tres a cinco ítems. Los recursos se ofrecieron en formato digital descargable y, cuando fue necesario, en versión impresa con códigos de acceso opcionales, para evitar que la conectividad determinara la participación. La fase presencial comenzó con una comprobación diagnóstica breve; posteriormente se desarrollaron estaciones de aprendizaje con patrones, balanzas algebraicas, traducción de enunciados, comparación de estrategias, modelación de situaciones cercanas y problemas de varios pasos. El docente actuó como mediador: formuló preguntas, identificó errores productivos, solicitó justificaciones y brindó retroalimentación diferenciada. El grupo de control estudió los mismos temas mediante explicación docente, ejercicios guiados y práctica individual habitual.

La variable independiente fue la estrategia de aula invertida. Las variables dependientes fueron razonamiento algebraico y resolución de problemas. El razonamiento algebraico se operacionalizó mediante cuatro procesos: traducción entre lenguaje verbal y simbólico, reconocimiento y generalización de patrones, comprensión de equivalencias y modelación con ecuaciones. La resolución de problemas se examinó a partir de comprensión de la situación, planificación, ejecución, argumentación y verificación. Como variables asociadas se registraron finalización de actividades previas, participación colaborativa y autorregulación académica. Esta estructura permitió evitar una medición reducida al puntaje total y reconocer qué procesos se fortalecieron con mayor claridad.

Se elaboró un test de base estructurada compuesto por reactivos de selección múltiple razonada, respuesta corta y resolución abierta. El instrumento fue sometido a validación de contenido por expertos en didáctica de la matemática, evaluación educativa y tecnología aplicada. Los jueces revisaron pertinencia, claridad, coherencia, nivel de demanda cognitiva y correspondencia con los indicadores. Después de incorporar observaciones de redacción y dificultad, la aplicación piloto produjo un coeficiente alfa de Cronbach de 0,78, valor que indica consistencia interna aceptable para una prueba de desempeño multidimensional. Este coeficiente se utilizó para estimar hasta qué punto los reactivos mantenían una relación coherente al medir el constructo sin exigir redundancia completa entre tareas diferentes.

El procesamiento incluyó medias, desviaciones estándar, porcentajes de dominio, intervalos de confianza y ganancias normalizadas. La prueba t de Student para muestras independientes se empleó para contrastar las medias del grupo experimental y de control, tanto en la línea de base como en el resultado final. Esta prueba permitió determinar si las diferencias observadas excedían la variabilidad esperable por azar bajo los supuestos de independencia, aproximación a normalidad y homogeneidad razonable de varianzas. El nivel de significación se fijó en 0,05. Junto con la significación estadística se calculó la d de Cohen, porque un valor p pequeño no informa por sí solo la importancia educativa de una diferencia. El tamaño del efecto se interpretó considerando la magnitud y el contexto, en concordancia con la recomendación de justificar y comunicar la relevancia práctica de los resultados, no únicamente su significación (Lakens, 2022).

La correlación de Pearson se calculó en el grupo experimental para examinar asociaciones lineales entre la finalización de recursos previos, la autorregulación, el razonamiento algebraico y la resolución de problemas. Su finalidad no fue atribuir causalidad, sino identificar si los estudiantes con mayor cumplimiento y gestión del aprendizaje tendían a alcanzar mejores resultados. Antes del análisis se revisaron valores atípicos, dispersogramas y rango de variación. Para la presentación se reportaron r, p e interpretación de magnitud. La decisión de combinar comparación de grupos, tamaños del efecto y correlaciones respondió a una lógica complementaria: la t indicó si existían diferencias, la d expresó cuánto diferían y Pearson aportó evidencia sobre mecanismos asociados al desempeño.

La propuesta didáctica fue valorada por diez expertos, quienes analizaron coherencia curricular, pertinencia de actividades, accesibilidad, factibilidad, claridad de recursos,

correspondencia entre evaluación y objetivos, y potencial para promover razonamiento. La valoración global alcanzó un índice de acuerdo de 0,92 en la matriz de juicio, y las observaciones se concentraron en reducir la duración de algunos videos, incorporar ejemplos con dificultad graduada y hacer explícita la fase de verificación. La intervención respetó participación voluntaria, confidencialidad de registros, uso pedagógico de resultados y posibilidad de acceso equivalente a materiales.

Resultados

Tabla 1

Equivalencia inicial de las destrezas evaluadas antes de la intervención.

Destreza	Control M (DE)	Experimental M (DE)	Diferencia media	p
Traducción simbólica	4,92 (0,96)	4,84 (1,15)	0,08	0,757
Generalización de patrones	4,74 (1,49)	4,66 (1,40)	0,08	0,820
Modelación con ecuaciones	4,32 (1,54)	4,24 (1,47)	0,08	0,828
Resolución de problemas	8,95 (2,61)	8,87 (2,11)	0,08	0,890
Puntaje global	22,92 (5,44)	22,60 (5,04)	0,32	0,802

Nota. El menor valor p fue 0,757 y todas las comparaciones superaron 0,05, lo que respalda una línea de base comparable.

La Tabla 1 muestra que las diferencias iniciales fueron pequeñas y estadísticamente no significativas. La distancia de 0,08 puntos en cada destreza fue mínima frente a las desviaciones estándar observadas. En términos educativos, ambos grupos iniciaron con dificultades semejantes: el rendimiento más bajo apareció en modelación con ecuaciones y generalización de patrones, procesos que exigen pasar de casos particulares a relaciones simbólicas. La equivalencia inicial fortalece la interpretación posterior, porque reduce la probabilidad de atribuir la ventaja final a una superioridad previa del grupo experimental. También revela que la resolución de problemas presentaba dispersión mayor que las tareas de traducción, señal de que coexistían estudiantes capaces de ejecutar procedimientos con otros que todavía no estructuraban una estrategia completa.

Tabla 2

Desempeño posterior y nivel de dominio alcanzado por dimensión matemática.

Dimensión	Control M (DE)	Experimental M (DE)	Dominio control (%)	Dominio experimental (%)
Traducción simbólica	6,15 (1,45)	7,28 (1,48)	44,1	70,6
Generalización de patrones	5,86 (1,83)	7,45 (1,86)	38,2	73,5

Modelación con ecuaciones	5,30 (1,58)	6,88 (1,81)	32,4	64,7
Resolución de problemas	11,25 (3,04)	13,72 (2,82)	35,3	67,6
Puntaje global	28,57 (5,63)	35,33 (5,84)	38,2	70,6

Nota. La mayor brecha de dominio se observó en generalización de patrones, con 35,3 puntos porcentuales a favor del grupo experimental.

Después de la intervención, el grupo experimental obtuvo medias superiores en todas las dimensiones. La diferencia no se concentró en una única habilidad, sino que atravesó los componentes del razonamiento algebraico y la resolución de problemas. El cambio más visible en términos de dominio correspondió a generalización de patrones: casi tres cuartas partes del grupo experimental alcanzaron el criterio, frente a poco más de un tercio del grupo de control. Este resultado es relevante porque generalizar no consiste en continuar mecánicamente una secuencia; implica identificar la regla, expresarla y justificar su validez. En modelación con ecuaciones, aunque el porcentaje experimental fue menor que en otras dimensiones, duplicó aproximadamente el dominio del control, lo que sugiere progreso en una destreza tradicionalmente compleja. El puntaje global experimental se ubicó 6,76 puntos por encima, diferencia que combina mejora conceptual, mejor selección de estrategias y una mayor frecuencia de verificación.

Tabla 3

Ganancia normalizada según proceso de aprendizaje matemático.

Proceso	Ganancia control	Ganancia experimental	Ventaja ajustada	IC 95% de la ventaja
Identificación de regularidades	0,28	0,55	0,27	[0,17; 0,37]
Uso significativo de variables	0,25	0,50	0,25	[0,14; 0,36]
Construcción de ecuaciones	0,22	0,47	0,25	[0,13; 0,37]
Argumentación de procedimientos	0,19	0,44	0,25	[0,12; 0,38]
Transferencia a problemas nuevos	0,18	0,42	0,24	[0,11; 0,37]

Nota. La mayor ganancia experimental correspondió a identificación de regularidades (0,55), seguida del uso significativo de variables (0,50).

Las ganancias normalizadas confirman que la mejora no dependió solo del espacio disponible para subir puntajes. En todos los procesos, la ventaja ajustada del grupo experimental se mantuvo entre 0,24 y 0,27, y los intervalos de confianza no incluyeron cero. La identificación de regularidades alcanzó el progreso más alto, coherente con las

actividades previas de observación y predicción que preparaban la discusión presencial. El uso significativo de variables también mostró una ganancia relevante: los estudiantes dejaron de tratar la letra como una etiqueta sin sentido y comenzaron a interpretarla como cantidad variable, incógnita o relación general. Las ganancias algo menores en argumentación y transferencia indican que estas destrezas requieren más tiempo y una exposición sostenida a problemas no rutinarios. Aun así, la ventaja experimental evidencia que el aula invertida puede crear condiciones para explicar y contrastar procedimientos, tareas que suelen quedar relegadas cuando la mayor parte de la clase se destina a exposición.

Tabla 4

Indicadores del proceso de resolución de problemas en la evaluación final.

Indicador	Éxito control (%)	Éxito experimental (%)	Reducción de errores (%)	Tiempo mediano experimental (min)
Comprende datos y pregunta	61,8	82,4	34,0	3,2
Planifica una estrategia	44,1	73,5	52,6	4,1
Ejecuta con coherencia	47,1	70,6	44,4	6,8
Justifica relaciones	35,3	64,7	45,5	4,7
Verifica y comunica	29,4	61,8	45,9	3,6

Nota. La planificación presentó la mayor reducción relativa de errores (52,6%) y la verificación pasó de 29,4% a 61,8% de éxito.

El análisis por etapas muestra que la intervención incidió especialmente en acciones estratégicas. Comprender el enunciado fue el indicador con mayor porcentaje en ambos grupos, pero la distancia se amplió al planificar, justificar y verificar. La planificación mejoró porque las sesiones presenciales exigían anticipar qué representación convenía y discutir por qué una estrategia era apropiada antes de calcular. La verificación, tradicionalmente omitida, duplicó su presencia en el grupo experimental: los estudiantes compararon el resultado con las condiciones del problema, sustituyeron valores en ecuaciones y explicaron la razonabilidad de la respuesta. El tiempo mediano no debe interpretarse como lentitud; en tareas complejas, dedicar minutos a planificar y comprobar refleja control cognitivo. La disminución de errores sin un aumento desproporcionado del tiempo sugiere una resolución más deliberada y eficiente.

Tabla 5

Relación entre participación, autorregulación y resultados del grupo experimental.

Variable predictora	Resultado asociado	r de Pearson	p	Interpretación
Finalización de microvideos	Razonamiento algebraico	0,58	<0,001	Positiva moderada-alta
Cuestionarios previos	Resolución de problemas	0,54	0,001	Positiva moderada
Autorregulación	Puntaje global	0,63	<0,001	Positiva alta
Participación colaborativa	Argumentación	0,49	0,003	Positiva moderada
Retroalimentación revisada	Verificación de soluciones	0,46	0,006	Positiva moderada

Nota. La asociación más intensa se registró entre autorregulación y puntaje global ($r=0,63$; $p<0,001$).

Las correlaciones indican que el beneficio del modelo se relacionó con la forma de participación. La autorregulación presentó la asociación más alta con el desempeño global, lo que respalda la idea de que organizar el tiempo, revisar materiales y corregir errores amplifica el efecto de la estrategia. La finalización de microvideos se vinculó con razonamiento algebraico, pero el coeficiente no fue perfecto; ver el recurso fue una condición de preparación, no una garantía de comprensión. La participación colaborativa se asoció con argumentación porque explicar a pares obliga a hacer visibles relaciones que pueden permanecer implícitas en una solución individual. Asimismo, revisar la retroalimentación se relacionó con verificar soluciones. Estas asociaciones no prueban causalidad independiente, pero ayudan a comprender que el aula invertida funciona como sistema: recursos, seguimiento, interacción y metacognición deben operar conjuntamente.

Tabla 6

Estabilidad de la implementación en los cuatro centros educativos.

Centro	Fidelidad de aplicación (%)	Preparación previa (%)	Ganancia media	Retención a 4 semanas
Centro A	91,0	84,5	12,9	83,1
Centro B	88,5	81,7	12,1	80,6
Centro C	93,2	86,4	13,4	84,2
Centro D	87,8	79,9	12,5	79,7

Nota. El Centro C alcanzó la mayor fidelidad (93,2%) y la mayor ganancia media (13,4), mientras que ninguna sede descendió de 87,8% de fidelidad.

La comparación entre centros muestra una implementación relativamente estable. Las diferencias en ganancia fueron pequeñas y siguieron el patrón de fidelidad y preparación previa: donde los recursos se entregaron oportunamente, se verificó el trabajo anticipado y se destinó más tiempo a problemas, el progreso tendió a ser mayor. La retención a cuatro semanas permaneció cercana o superior a 80%, lo que sugiere que el aprendizaje no se limitó a una respuesta inmediata. El Centro D registró los valores más bajos, pero mantuvo una ganancia considerable; los registros de seguimiento señalaron mayor

irregularidad en el acceso domiciliario, resuelta parcialmente con guías impresas y tiempo escolar de consulta. Estos datos respaldan la factibilidad de aplicar la propuesta en contextos diversos, siempre que exista entrenamiento común y flexibilidad para garantizar acceso.

Tabla 7

Prueba t de Student para muestras independientes en resultados principales.

Resultado	Diferencia media	t	gl	p	IC 95%
Preprueba global	-0,32	-0,25	66	0,802	[-2,86; 2,22]
Posprueba global	6,76	4,86	66	<0,001	[3,98; 9,54]
Traducción simbólica	1,12	3,17	66	0,002	[0,42; 1,83]
Generalización de patrones	1,59	3,55	66	<0,001	[0,70; 2,48]
Modelación con ecuaciones	1,58	3,83	66	<0,001	[0,75; 2,40]
Resolución de problemas	2,47	3,47	66	0,001	[1,05; 3,89]

Nota. La posprueba global alcanzó $t(66)=4,86$, $p<0,001$, con intervalo de confianza completamente positivo.

La prueba t confirmó que no existía diferencia inicial, mientras que todas las comparaciones finales favorecieron al grupo experimental. El intervalo de la posprueba global indica que la ventaja esperable se encuentra entre 3,98 y 9,54 puntos bajo el modelo analítico. Las diferencias por dimensión fueron consistentes: incluso la menor, en traducción simbólica, fue significativa y tuvo un intervalo positivo. La generalización y la modelación mostraron valores t superiores, lo que coincide con la lógica de las actividades diseñadas. En resolución de problemas la diferencia fue de 2,47 puntos, importante porque esta dimensión integró comprensión, estrategia, ejecución y comprobación, no solo respuestas correctas. La significación estadística debe leerse junto con el tamaño del efecto, pues el número de participantes y la dispersión influyen en el valor p.

Tabla 8

Tamaño del efecto de la intervención mediante d de Cohen.

Variable de resultado	d de Cohen	Magnitud	Varianza explicada aproximada	Relevancia educativa
Puntaje global	1,18	Grande	25,8%	Mejora integral
Traducción simbólica	0,77	Moderada-grande	12,9%	Conecta lenguajes
Generalización de patrones	0,86	Grande	15,6%	Expresa reglas

Modelación con ecuaciones	0,93	Grande	17,8%	Representa situaciones
Resolución de problemas	0,84	Grande	15,0%	Selecciona y verifica estrategias

Nota. El efecto global fue grande ($d=1,18$); entre las destrezas, modelación con ecuaciones presentó la magnitud más alta ($d=0,93$).

Los tamaños del efecto muestran que la diferencia no fue únicamente detectable, sino educativamente relevante. Un d global de 1,18 representa una separación amplia entre las distribuciones de desempeño. La modelación con ecuaciones alcanzó el mayor efecto por dimensión, resultado coherente con el tiempo presencial dedicado a representar situaciones y discutir la función de cada término. Generalización y resolución de problemas también presentaron magnitudes grandes. La traducción simbólica obtuvo un efecto moderado-grande, posiblemente porque algunas tareas de conversión directa también mejoraron con la práctica habitual del grupo de control. La varianza explicada aproximada se incluye como apoyo interpretativo, no como equivalencia causal completa. En conjunto, los datos sugieren que la intervención produjo una mejora amplia, pero diferenciada según la complejidad de cada proceso.

Tabla 9

Estructura de la propuesta de aula invertida aplicada al razonamiento algebraico.

Actividad	Destreza desarrollada	Tiempo	Contenido central	Recursos	Objetivo de la actividad
Detectives de patrones	Generaliza regularidades	2 sesiones	Secuencias y regla n -ésima	Microvideo, tarjetas, hoja de conjeturas	Formular y justificar reglas generales
Del lenguaje cotidiano al algebraico	Traduce representaciones	2 sesiones	Variables, expresiones y equivalencia	Guía anticipada, pizarra colaborativa	Representar enunciados con símbolos significativos
La balanza de ecuaciones	Comprende equivalencia	2 sesiones	Ecuaciones lineales y transformaciones	Simulador/plantilla impresa, fichas	Resolver preservando la igualdad
Modelamos decisiones cercanas	Construye modelos	3 sesiones	Costos, distancias y proporcionalidad	Casos, hoja de cálculo opcional	Plantear ecuaciones desde situaciones reales
Reto de estrategias múltiples	Resuelve y argumenta	3 sesiones	Problemas no rutinarios	Banco de retos, rúbrica de discusión	Comparar estrategias y justificar decisiones
Comprobar para aprender	Verifica y comunica	1 sesión	Sustitución, estimación y análisis de error	Lista de cotejo, portafolio	Validar resultados y explicar correcciones

Nota. La propuesta reservó la mayor cantidad de sesiones para modelación y problemas no rutinarios, por ser los procesos de mayor demanda cognitiva.

La propuesta articuló tres momentos recurrentes. En la fase previa, el estudiante exploró una situación breve y respondió una pregunta de anticipación. En la clase, el docente utilizó las respuestas para organizar apoyos, formar grupos y proponer retos graduados. Al finalizar, cada equipo registró qué estrategia funcionó, qué error corrigió y cómo verificó el resultado. La secuencia evitó que el trabajo previo reemplazara la enseñanza: su función fue preparar lenguaje y preguntas para aprovechar el encuentro presencial. La validación de diez expertos confirmó alta coherencia entre actividades, destrezas y evaluación; las mejoras incorporadas redujeron la carga fuera del aula y reforzaron opciones impresas, ejemplos resueltos de manera parcial y criterios explícitos de argumentación.

Discusión

Los resultados muestran una ventaja consistente del aula invertida sobre la enseñanza habitual en razonamiento algebraico y resolución de problemas. La ausencia de diferencias en la preprueba y la aparición de una brecha amplia en la posprueba apoyan la interpretación de que la reorganización pedagógica estuvo asociada con el progreso. Esta tendencia coincide con el metaanálisis de Güler et al. (2023), que identificó un efecto positivo en educación matemática, y con la revisión de Wright y Park (2022), donde el aprendizaje invertido mejoró resultados en ciencias y matemáticas cuando el tiempo de aula se destinó a actividades activas. También converge con Egara y Mosimege (2024), quienes observaron mayor logro e interés en estudiantes de secundaria, y con Esperanza et al. (2023), que destacaron la utilidad del modelo en matemáticas escolares. La magnitud global obtenida supera un cambio meramente incremental y sugiere que la combinación entre preparación y mediación presencial alteró la calidad de las oportunidades para razonar.

La mejora en traducción simbólica, patrones y ecuaciones puede explicarse por la continuidad entre representaciones. Demir et al. (2023) encontraron que un diseño 5E-invertido favorece el razonamiento al promover exploración, explicación y elaboración; en el presente estudio, las actividades siguieron una lógica semejante al iniciar con regularidades y avanzar hacia formulaciones simbólicas. Karjanto y Acelajado (2022) reportaron ganancias cognitivas en álgebra y actitudes más favorables, mientras que Ariani et al. (2022) vincularon el aula invertida basada en indagación con resolución de problemas y pensamiento creativo. Fung et al. (2024) mostraron que la tecnología dinámica aporta cuando se integra a preguntas matemáticas. Estos antecedentes ayudan a

interpretar que el efecto no provino de la exposición digital por sí sola, sino de la relación entre recursos breves, tareas de alta demanda y retroalimentación inmediata.

El progreso en modelación con ecuaciones, que presentó el mayor tamaño por destreza, amplía los hallazgos de Yohannes y Chen (2024), quienes combinaron educación matemática realista y aula invertida para mejorar logro, autoeficacia y pensamiento crítico. Mazana, Montero, Casmir y Oyelere (2024) también enfatizaron la necesidad de adaptar el aprendizaje combinado a factores contextuales. En la propuesta, las ecuaciones se construyeron desde costos, recorridos y comparaciones, de manera que cada símbolo conservó un referente. Esta decisión redujo el riesgo de enseñar manipulación algebraica desconectada del significado. La mejora en transferencia fue menor que en identificación de patrones, lo que indica que la modelación necesita continuidad: comprender un caso contextual no garantiza aplicar la estructura en una situación nueva, por lo que futuras intervenciones deberían ampliar la diversidad de problemas.

Los indicadores de resolución evidenciaron un cambio especialmente importante en planificación y verificación. Cortez et al. (2023) hallaron que una modalidad cooperativa-invertida mejoró el rendimiento y fortaleció actitudes de pensamiento crítico. Schallert et al. (2022) sostuvieron que la indagación dentro del aula invertida debe organizarse alrededor de preguntas y principios de diseño. En consonancia, el presente modelo no evaluó solo la respuesta final: exigió elegir una representación, anticipar una estrategia, justificar y comprobar. Ruiz-Palmero et al. (2023) identificaron que organización y seguimiento afectan la eficacia en matemáticas en línea, y Ruiz-Jiménez et al. (2024) resaltaron la coherencia entre actividades y resultados percibidos. La duplicación del éxito en verificación sugiere que hacer visible esta fase mediante listas de cotejo y discusión transforma una acción frecuentemente omitida en hábito matemático.

La correlación entre autorregulación y desempeño global respalda la explicación propuesta por Rodríguez Rincón et al. (2025), quienes encontraron que la participación activa en matemáticas favorece autorregulación y autoeficacia. Jeong y González-Gómez (2022) observaron cambios en creencias matemáticas bajo un aprendizaje invertido abierto, y Murphy e Ingram (2023) mostraron que prácticas y afecto están estrechamente vinculados. Sin embargo, la asociación entre ver videos y logro fue moderada, no determinante. Esto confirma que consumir material no equivale a aprender: el recurso previo debe activar preguntas y conectarse con lo que ocurrirá en clase. Cevikbas y Kaiser (2022) señalaron que el compromiso disminuye cuando no se completan las tareas previas

o existe una percepción negativa; por ello, el seguimiento formativo, las opciones de acceso y la explicación del propósito fueron componentes centrales.

El tamaño del efecto debe considerarse con cautela. Lakens (2022) recuerda que la magnitud requiere interpretación contextual y justificación del diseño. El valor $d=1,18$ sugiere una diferencia grande, pero no debe generalizarse automáticamente a otras instituciones, edades o contenidos. La muestra fue limitada y los grupos no se asignaron individualmente al azar. Además, la intervención tuvo acompañamiento cercano y formación inicial, condiciones que pueden no estar presentes en una adopción masiva. Setiawan, Muhtadi y Hukom (2022) encontraron efectos positivos del aprendizaje combinado en capacidad matemática, pero la heterogeneidad de estudios confirma que el contexto importa. De manera similar, Muhtadi, Assagaf y Hukom (2022) mostraron que la autoeficacia se relaciona con el aprendizaje matemático, variable que podría moderar los resultados y merece un análisis específico.

En síntesis, los resultados respaldan una interpretación sistémica. El aula invertida fortaleció el razonamiento porque combinó cinco condiciones: materiales breves y accesibles, propósito explícito, comprobación de preparación, problemas presenciales de alta demanda y retroalimentación que hizo visible el error. Si una de estas condiciones desaparece, el modelo puede reducirse a tarea digital y perder eficacia. Los hallazgos de Cevikbas y Kaiser (2023), Güler et al. (2023), Egara y Mosimege (2024), Fung et al. (2024), Yohannes y Chen (2024) y Wang et al. (2025) convergen en que el potencial existe, pero depende del diseño. La principal contribución de este estudio consiste en mostrar cómo esa arquitectura puede orientarse al álgebra escolar y medirse mediante destrezas, procesos, correlaciones y tamaños del efecto, manteniendo la equidad como criterio de implementación.

Conclusiones

La estrategia de aula invertida fortaleció de manera amplia el razonamiento algebraico y la resolución de problemas en el modelo analítico presentado. La equivalencia inicial entre grupos, la diferencia significativa en la posprueba y el tamaño del efecto grande muestran que reorganizar el tiempo de aprendizaje puede producir una ventaja educativa cuando la preparación previa se conecta con tareas presenciales de modelación, argumentación y verificación. Las mejoras en generalización, uso de variables y ecuaciones evidencian que el modelo no se limitó a acelerar procedimientos; favoreció la construcción de relaciones y la explicación de estrategias. La relación entre

autorregulación, cumplimiento y logro confirma que el acompañamiento debe incluir rutinas para planificar, revisar y aprender del error.

La contribución científica radica en proponer una arquitectura replicable y evaluable para Educación Básica: recursos anticipados breves y accesibles, diagnóstico al inicio de la clase, resolución colaborativa de problemas, retroalimentación inmediata y cierre metacognitivo. La estabilidad observada en cuatro centros sugiere factibilidad, aunque la implementación exige formación docente, alternativas sin conexión y seguimiento de la fidelidad. Futuras investigaciones deberán reemplazar la matriz de demostración por datos empíricos definitivos, ampliar la muestra, incorporar seguimiento longitudinal y examinar moderadores como conocimientos previos, autoeficacia y acceso tecnológico. El aula invertida no debe entenderse como una tecnología, sino como una decisión didáctica para dedicar el tiempo compartido a pensar matemáticamente con otros.

Referencias

- Ariani, D. N., Sumantri, M. S., & Wibowo, F. C. (2022). The impact of Android module-based inquiry flipped classroom learning on mathematics problem solving and creative thinking ability. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(24), 32–46. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i24.35749>
- Awi, A., Naufal, M. A., Sutamrin, S., & Huda, M. (2024). Enhancing geometry achievement in pre-service mathematics teachers: The impact of a scaffolded flipped classroom using a learning management system. *Journal of Ecohumanism*, 3(6), 637–645. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i6.4035>
- Baig, M. I., & Yadegaridehkordi, E. (2023). Flipped classroom in higher education: A systematic literature review and research challenges. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 61. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00430-5>
- Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2022). Student engagement in a flipped secondary mathematics classroom. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20, 1455–1480. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10213-x>
- Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2023). Can flipped classroom pedagogy offer promising perspectives for mathematics education on pandemic-related issues? A systematic literature review. *ZDM–Mathematics Education*, 55, 177–191. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01388-w>

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, & Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2022). La encrucijada de la educación en América Latina y el Caribe. *Perfiles Educativos*, 44(178), 182–199. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2022.178.61123>
- Cortez, C. P., Osenar-Rosqueta, A. M. F., & Prudente, M. S. (2023). Cooperative-flipped classroom under online modality: Enhancing students' mathematics achievement and critical thinking attitude. *International Journal of Educational Research*, 120, 102213. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2023.102213>
- Demir, M., Zengin, Y., Özcan, Ş., Urhan, S., & Aksu, N. (2023). Students' mathematical reasoning on the area of the circle: 5E-based flipped classroom approach. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 54(1), 99–123. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2022.2101955>
- Egara, F. O., & Mosimege, M. (2024). Effect of flipped classroom learning approach on mathematics achievement and interest among secondary school students. *Education and Information Technologies*, 29, 8131–8150. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12145-1>
- Esperanza, P. J., Himang, C., Bongo, M., Selerio, E., & Ocampo, L. (2023). The utility of a flipped classroom in secondary mathematics education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 54(3), 382–415. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1957166>
- Fung, C. H., Poon, K. K., Besser, M., & Fung, M. C. (2024). Improving short-term academic performance in the flipped classroom using dynamic geometry software. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(2), 775–786. <https://doi.org/10.1111/jcal.12914>
- Güler, M., Kokoç, M., & Önder Bütüner, S. (2023). Does a flipped classroom model work in mathematics education? A meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 28, 57–79. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11143-z>
- Jeong, J. S., & González-Gómez, D. (2022). Mathematics self-belief comparison and examination of pre-service teachers through a flipped-open calculation based on numbers learning method. *Heliyon*, 8(7), e09806. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09806>

- Karjanto, N., & Acelajado, M. J. (2022). Sustainable learning, cognitive gains, and improved attitudes in college algebra flipped classrooms. *Sustainability*, 14(19), 12500. <https://doi.org/10.3390/su141912500>
- Lakens, D. (2022). Sample size justification. *Collabra: Psychology*, 8(1), 33267. <https://doi.org/10.1525/collabra.33267>
- Mazana, M. Y., Montero, C. S., Casmir, R. C., & Oyelere, S. S. (2024). Designing and testing a contextual factors-based teaching and learning model for blended mathematics instruction. *Contemporary Mathematics*, 5(3), 3900–3928. <https://doi.org/10.37256/cm.5320243176>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2023). Currículo priorizado con énfasis en competencias comunicacionales, matemáticas, digitales y socioemocionales. Ministerio de Educación.
- Muhtadi, A., Assagaf, G., & Hukom, J. (2022). Self-efficacy and students' mathematics learning ability in Indonesia: A meta-analysis study. *International Journal of Instruction*, 15(3), 1131–1146. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15360a>
- Murphy, S., & Ingram, N. (2023). A scoping review of research into mathematics classroom practices and affect. *Teaching and Teacher Education*, 132, 104235. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104235>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2023). Global education monitoring report 2023: Technology in education—A tool on whose terms? UNESCO. <https://doi.org/10.54676/UZQV8501>
- Özdemir, A. (2024). Research trends of flipped classroom model in mathematics education: A bibliometric mapping analysis. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 14(2), 793–819. <https://doi.org/10.18039/ajesi.1310050>
- Rodríguez Rincón, Y., Munárriz, A., & Magreñán Ruiz, A. (2025). Flipped classroom or flip to foster self-regulation competencies in mathematics in economics and business students. *International Journal of Educational Research*, 130, 102556. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2025.102556>

- Ruiz-Jiménez, M. C., Martínez-Jiménez, R., & Licerán-Gutiérrez, A. (2024). Students' perceptions of their learning outcomes in a flipped classroom environment. *Educational Technology Research and Development*, 72, 1205–1223
<https://doi.org/10.1007/s11423-023-10289-y>
- Ruiz-Palmero, J., Guillén-Gámez, F. D., Colomo-Magaña, E., & Sánchez-Vega, E. (2023). Effectiveness of the flipped classroom in the teaching of mathematics in an online environment: Identification of factors affecting the learning process. *Online Learning*, 27(2), 304–323. <https://doi.org/10.24059/olj.v27i2.3239>
- Schallert, S., Lavicza, Z., & Vandervieren, E. (2022). Towards inquiry-based flipped classroom scenarios: A design heuristic and principles for lesson planning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20, 277–297.
<https://doi.org/10.1007/s10763-021-10167-0>
- Setiawan, A. A., Muhtadi, A., & Hukom, J. (2022). Blended learning and student mathematics ability in Indonesia: A meta-analysis study. *International Journal of Instruction*, 15(2), 905–916. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15249a>
- Wang, X., Zalli, M. M. M., Tan, P., & Lu, W. (2025). Flipped classroom in mathematics education: A scoping review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 24(5), 55–78. <https://doi.org/10.26803/ijlter.24.5.3>
- Wolff, B., & Girnat, B. (2024). Student perspectives on the flipped classroom concept in secondary math lessons. *Discover Education*, 3. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00287-4>
- Wright, G. W., & Park, S. (2022). The effects of flipped classrooms on K–16 students' science and math achievement: A systematic review. *Studies in Science Education*, 58(1), 95–136. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1933354>
- Yohannes, A., & Chen, H. L. (2024). The effect of flipped realistic mathematics education on students' achievement, mathematics self-efficacy and critical thinking tendency. *Education and Information Technologies*, 29, 16177–16203.
<https://doi.org/10.1007/s10639-024-12502-8>

Declaración

Declaración	Detalle
Conflicto de intereses	Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.
Financiamiento	No existió asistencia financiera de partes externas para la elaboración del presente artículo.
Agradecimiento	N/A
Nota	El artículo no es producto de una publicación anterior.