ISSN: 1815-7696 | RNPS: 2057 | Mendive. Revista de Educación. Vol. 24, e4445
Mautino Pérez, J. A.; Asís López, M. E.; Mendoza López, A. D. "Minicomputador de Papy en el aprendizaje de operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración".
https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/4445

2026

Artículo original

Minicomputador de Papy en el aprendizaje de operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración

Papy's minicomputer for learning basic mathematical operations with numbering systems

Minicomputador de Papy na aprendizagem de operações matemáticas básicas com sistemas de numeração

José Antonio Mautino Pérez[1] 0009-0008-1879-1994 mikiraojona@gmail.com
Maximiliano Epifanio Asís López[1] 0000-0003-1724-053X masisl@unasam.edu.pe
Ángel Deciderio Mendoza López[1] 0000-0002-9256-5150 amendozal@unasam.edu.pe

[1] Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Perú.

Recibido: 16/09/2025
Aceptado: 28/06/2026

RESUMEN

La educación contemporánea exige la incorporación de estrategias didácticas innovadoras que favorezcan el aprendizaje significativo de las matemáticas. En este contexto, el minicomputador de Papy se plantea como una herramienta pedagógica con potencial para fortalecer la comprensión de las operaciones matemáticas básicas y los sistemas de numeración. El objetivo del estudio fue analizar el efecto de la aplicación del minicomputador de Papy en el desarrollo de la competencia "Resuelve problemas de cantidad en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración", en estudiantes de Educación Secundaria. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental de tipo explicativo, y consideró un grupo experimental y un grupo de

control. Para la recolección de la información se emplearon instrumentos de evaluación aplicados antes y después de la intervención pedagógica, así como registros de desempeño y la escala de calificación establecida en el Currículo Nacional de la Educación Básica. La validez del instrumento fue confirmada mediante juicio de expertos y su confiabilidad se comprobó a través de un coeficiente de consistencia interna adecuado. El análisis de los datos se realizó mediante procedimientos de estadística descriptiva e inferencial. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en el nivel de aprendizaje de los estudiantes que participaron en la experiencia con el minicomputador de Papy, así como avances relevantes en todas las dimensiones de la competencia evaluada. En conclusión, la aplicación del minicomputador de Papy contribuye de manera significativa al fortalecimiento del aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en estudiantes de Educación Secundaria.

Palabras clave: minicomputador de Papy; aprendizaje de las matemáticas; sistemas de numeración; educación secundaria.

ABSTRACT

Contemporary education demands the incorporation of innovative teaching strategies that promote meaningful learning of mathematics. In this context, the Papy's minicomputer is presented as a pedagogical tool with the potential to strengthen the understanding of basic mathematical operations and number systems. The objective of this study was to analyze the effect of using the Papy's minicomputer on the development of the competency "Solves quantity problems in basic mathematical operations with number systems" in secondary school students. The research adopted a quantitative approach, with a quasi-experimental, explanatory design, and included an experimental group and a control group. Data collection involved assessment instruments administered before and after the pedagogical intervention, as well as performance records and the rating scale established in the National Curriculum for Basic Education. The validity of the instrument was confirmed through expert judgment, and its reliability was verified through an adequate internal consistency coefficient. Data analysis was performed using descriptive and inferential statistical procedures. The results showed a significant improvement in the learning level of the students who participated in the Papy's minicomputer experience, as well as relevant progress in all dimensions of the assessed competency. In conclusion, the application of the Papy's minicomputer contributes

significantly to strengthening the learning of basic mathematical operations with number systems in secondary school students.

Keywords: Papy's minicomputer; mathematics learning; number systems; secondary education.

RESUMO

A educação contemporânea exige a incorporação de estratégias didáticas inovadoras que favoreçam a aprendizagem significativa da matemática. Nesse contexto, o minicomputador de Papy apresenta-se como uma ferramenta pedagógica com potencial para fortalecer a compreensão das operações matemáticas básicas e dos sistemas de numeração. O objetivo do estudo foi analisar o efeito da aplicação do minicomputador de Papy no desenvolvimento da competência "Resolver problemas de quantidade em operações matemáticas básicas com sistemas de numeração", em estudantes do Ensino Secundário. A pesquisa adotou uma abordagem quantitativa, com um delineamento quase-experimental de caráter explicativo, considerando um grupo experimental e um grupo de controle. Para a coleta de dados, foram utilizados instrumentos de avaliação aplicados antes e depois da intervenção pedagógica, bem como registros de desempenho e a escala de classificação estabelecida no Currículo Nacional da Educação Básica. A validade do instrumento foi confirmada por meio de julgamento de especialistas, e sua confiabilidade foi comprovada por meio de um coeficiente de consistência interna adequado. A análise dos dados foi realizada utilizando procedimentos de estatística descritiva e inferencial. Os resultados evidenciaram uma melhoria significativa no nível de aprendizagem dos estudantes que participaram da experiência com o minicomputador de Papy, bem como avanços relevantes em todas as dimensões da competência avaliada. Em conclusão, a aplicação do minicomputador de Papy contribui de maneira significativa para o fortalecimento da aprendizagem das operações matemáticas básicas com sistemas de numeração em estudantes do Ensino Secundário.

Palavras-chave: minicomputador de Papy; aprendizagem da matemática; sistemas de numeração; ensino secundário.

INTRODUCCIÓN

La educación matemática en el nivel secundario enfrenta desafíos significativos en la era digital contemporánea. La investigación demuestra que existe una brecha considerable entre las metodologías tradicionales de enseñanza y las necesidades de aprendizaje de los estudiantes del siglo XXI (Meuleners *et al.*, 2024). Los estudios revelan que los estudiantes frecuentemente experimentan dificultades para comprender conceptos matemáticos abstractos, especialmente en áreas como números enteros, donde la mayoría tiene problemas para aplicar reglas de signos (Ismail *et al.*, 2023). Esta problemática se ve agravada por altos índices de reprobación en matemáticas, lo que demuestra la necesidad urgente de enfoques pedagógicos innovadores (Cóndor-Herrera & Ramos-Galarza, 2021).

En este sentido, la integración de herramientas tecnológicas en la educación matemática ha emergido como una solución prometedora. La investigación indica que las herramientas digitales pueden mejorar significativamente el rendimiento estudiantil cuando se implementan cuidadosamente (Ismail *et al.*, 2023), y que el aprendizaje basado en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) tiene un efecto moderado positivo ($g=0,527$; $p<0,05$) en la alfabetización numérica de los estudiantes (Ariani *et al.*, 2024). Sin embargo, persisten desafíos en la implementación efectiva de estas tecnologías, incluyendo la falta de infraestructura adecuada y la formación docente insuficiente (Agyei *et al.*, 2024).

Por otro lado, Georges Papy, matemático y educador belga, se convirtió en el arquitecto y líder indiscutible de la reforma de matemáticas modernas en Bélgica durante la década de 1960. Papy diseñó y llevó a cabo experimentos audaces, desarrolló nuevos programas y materiales didácticos, y comprometió a los profesores de matemáticas a través de programas de educación en servicio a gran escala (De Bock & Vanpaemel, 2019).

En relación con ello, el minicomputador de Papy es un dispositivo físico que representa valores numéricos mediante fichas y tableros, facilitando la comprensión de operaciones aritméticas y la estructura del sistema numérico. Se basa en la manipulación directa, permitiendo a los estudiantes visualizar y experimentar con conceptos como la suma, la resta y la agrupación de números (Papy, 1974; Lamon & Threadgill, 1975).

De igual modo, los estudios muestran que las herramientas digitales se usan más a menudo en clases de biología de alta calidad que en matemáticas (Meuleners *et al.*, 2024). Además, los profesores de matemáticas suelen usar calculadoras como una simple sustitución o complemento en sus aulas (Agyei *et al.*, 2024). Esta tendencia plantea la posibilidad de explorar cómo herramientas pedagógicas clásicas, como el minicomputador de Papy, pueden adaptarse o complementar las tecnologías digitales actuales.

Asimismo, observaciones previas y entrevistas con docentes y estudiantes revelaron que el modelo tradicional de enseñanza limita el logro de aprendizajes significativos, provocando aburrimiento, desmotivación y fatiga. En contraste, el minicomputador de Papy promueve un aprendizaje dinámico y lúdico, gracias a su diseño basado en casillas de colores que se corresponden con las regletas Cuisenaire (numeradas 1, 2, 4 y 8, representando el sistema binario). Esta estructura favorece el "aprender haciendo" mediante la manipulación concreta y el juego.

En este contexto, el objetivo de este estudio es determinar si la aplicación del minicomputador de Papy mejora el nivel de aprendizaje de la competencia "Resuelve problemas de cantidad en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración" en estudiantes de primer año de secundaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo y, según su nivel o alcance, fue de tipo explicativo, con un diseño cuasiexperimental. Este tipo de estudio busca identificar el efecto causal o el impacto de una intervención (tratamiento) en condiciones reales, cuando no es posible o ético asignar aleatoriamente a los participantes a los grupos. Es decir, intenta estimar qué cambio puede atribuirse a la intervención, aunque la asignación no haya sido aleatoria (Harris *et al.*, 2006). Asimismo, se orienta a explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, con el propósito de aplicar una variable independiente que contribuya a modificar dicho fenómeno (Hernández Sampieri *et al.*, 2014). El diseño cuasiexperimental empleado fue con prueba pretest–postest, en el cual los sujetos no se asignaron al azar a los grupos, sino que estos ya estaban conformados previamente.

La unidad de análisis del estudio fue el estudiante. La población estuvo conformada por 34 estudiantes de primer grado de Educación Secundaria, distribuidos en la Institución Educativa

Mariano Melgar Valdiviezo-Cajay (19 estudiantes) y en la Institución Educativa Nuestra Señora de Guadalupe de Huamparán (15 estudiantes). La muestra fue de tipo censal, considerando a los estudiantes de la Institución Educativa Mariano Melgar Valdiviezo como grupo experimental y a los de la Institución Educativa Nuestra Señora de Guadalupe como grupo control.

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos: un registro de evaluación, la escala de calificación del Currículo Nacional de la Educación Básica (CNEB) y un cuestionario de preguntas aplicado en el pretest y el postest. Este cuestionario fue diseñado para evaluar el nivel de aprendizaje de la competencia "Resuelve problemas de cantidad en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración", y sus dimensiones: "Traduce cantidades a expresiones numéricas", "Comunica su comprensión sobre los números y las operaciones", "Usa estrategias y procedimientos de estimar y cálculo", y "Argumenta afirmaciones sobre las relaciones numéricas y las operaciones".

La validez de contenido del instrumento se determinó a través de la consulta a un panel de tres expertos, lo que permitió obtener un promedio de acuerdo del 93,33 %, indicador de una alta validez. En cuanto a la confiabilidad, se aplicó una prueba piloto y posteriormente la prueba definitiva, utilizando el coeficiente KR-20 de Kuder Richardson (dos mitades). El resultado fue un valor de 0,859, lo cual evidenció una estrecha relación y la unidimensionalidad de los ítems, además de confirmar su aplicabilidad.

El plan de procesamiento y análisis estadístico de los datos incluyó estadística descriptiva e inferencial. En la parte descriptiva, se presentaron tablas de distribución de frecuencias para ambos grupos (control y experimental) en el pretest y postest, incluyendo medias aritméticas y desviaciones estándar. En la parte inferencial, dado que los datos se distribuyeron normalmente, se utilizó la prueba t de Student para muestras relacionadas (pretest y postest de cada grupo). Todo el análisis se realizó con un nivel de significación del 5 % ($p<0,05$).

Observación ética

Durante la ejecución de la investigación se aseguró el bienestar físico y mental de los participantes; se obtuvo el consentimiento informado previo a la participación; el uso y manejo de la información respetó estrictamente los derechos de autor y la propiedad intelectual, consignando adecuadamente las fuentes; la metodología y los resultados se basaron en datos fidedignos y verificables.

RESULTADOS

Luego del trabajo de campo y la aplicación del minicomputador de Papy al grupo experimental, se presentan los siguientes resultados:

Tabla 1. Pretest de puntajes del nivel de aprendizaje de la competencia "Resuelve problemas de cantidad en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración"

Puntajes	Grupos	
	Control (%)	Experimental (%)
5	1(6,7)	-
6	1(6,7)	-
7	640,0)	1(5,3)
8	1(6,7)	1(5,3)
9	2(13,3)	1(5,3)
10	1(6,7)	2(10,5)
11	2(13,3)	5(26,3)
12	-	3(15,8)
13	1(6,7)	4(21,1)
15	-	1(5,3)
16	-	1(5,3)
Total	15 (100)	19 (100)
Media aritmética	8,267	11,474
Desv. estándar	2,187	2,195

Los datos de la tabla 1 muestran los resultados obtenidos en el pretest, tanto del grupo control y experimental, en relación con el objetivo general. Se observa que las medias aritméticas de los datos son 8,267 para el grupo control y 11,474 para el grupo experimental.

Tabla 2. Pretest de puntajes nivel de aprendizaje en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en la dimensión "Traduce cantidades a expresiones numéricas"

Puntajes	Grupos	
	Control (%)	Experimental (%)
1	4(26,7)	1(5,3)
2	4(26,7)	8(42,1)
3	6(40,0)	4(21,1)
4	1(6,7)	5(26,3)
5	-	1(5,3)
Total	15 (100)	19 (100)
Media aritmética	2,267	2,842
Desv. estándar	0,961	1,068

En la tabla 2 se presentan los resultados teniendo en cuenta la dimensión "Traduce cantidades a expresiones numéricas" en estudiantes del primer grado de Educación Secundaria en el pretest, tanto de los grupos control como experimental. Se aprecia que las medias aritméticas de los datos son 2,267 para el grupo control y 2,842 para el grupo experimental.

Tabla 3. Pretest de puntajes nivel de aprendizaje en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en la dimensión "Comunica su comprensión sobre los números y las operaciones"

Puntajes	Grupos	
	Control (%)	Experimental (%)
2	6(40,0)	2(10,5)
3	6(40,0)	4(21,1)
4	2(13,3)	9(47,4)
5	-	4(21,1)
7	1(6,7)	-
Total	15 (100)	19 (100)
Media aritmética	3,000	3,790
Desv. estándar	1,309	0,918

Los datos de la tabla 3 muestran los resultados obtenidos en el pretest, tanto de los grupos control y experimental, en relación con el objetivo específico 2. Se aprecia que las medias aritméticas de los datos son 3,0 para el grupo control y 3,79 para el grupo experimental.

Tabla 4. Pretest de puntajes nivel de aprendizaje en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en la dimensión "Usa estrategias y procedimientos de estima y cálculo"

Puntajes	**Grupos**	
	Control (%)	**Experimental (%)**
1	7(46,7)	4(21,1)
2	7(46,7)	5(26,3)
3	1(6,7)	5(26,3)
4	-	4(21,1)
5	-	1(5,3)
Total	15 (100)	19 (100)
Media aritmética	1,600	2,632
Desv. estándar	0,632	1,212

Los datos de la tabla 4 muestran los resultados obtenidos en el pretest, tanto de los grupos control y experimental, en relación con el objetivo específico 3, y se observa que las medias aritméticas de los datos son 1,60 para el grupo control y 2,632 para el grupo experimental.

Tabla 5. Pretest de puntajes nivel de aprendizaje en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en la dimensión "Argumenta afirmaciones sobre las relaciones numéricas y las operaciones"

Puntajes	**Grupos**	
	Control (%)	**Experimental (%)**
0	1(6,7)	-
1	9(60,0)	3(15,8)
2	3(20,0)	11(57,9)
3	2(13,3)	4(21,1)
5	-	1(5,3)
Total	15 (100)	19 (100)
Media aritmética	1,400	2,211
Desv. estándar	0,828	0,918

Los datos de la tabla 5 muestran los resultados obtenidos en el pretest, tanto de los grupos control y experimental, en relación con el objetivo específico 4. Se aprecia que las medias aritméticas de los datos son 1,40 para el grupo control y 2,211 para el grupo experimental.

Tabla 6. Postest de puntajes del nivel de aprendizaje de la competencia "Resuelve problemas de cantidad en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración"

Puntajes	Grupos	
	Control (%)	Experimental (%)
5	2(13,3)	-
6	2(13,3)	-
7	3(20,0)	-
8	3(20,0)	-
10	1(6,7)	-
11	1(6,7)	-
12	1(6,7)	-
15	1(6,7)	-
17	1(6,7)	-
23	-	1(5,3)
25	-	1(5,3)
27	-	1(5,3)
28	-	6(31,6)
29	-	3(15,8)
30	-	1(5,3)
31	-	3(15,8)
33	-	1(5,3)
35	-	1(5,3)
36	-	1(5,3)
Total	15 (100)	19 (100)
Media aritmética	8,800	29,316
Desv. estándar	3,570	3,110

Los datos de la tabla 6 muestran los resultados obtenidos en el postest tanto de los grupos control y experimental, en relación con el objetivo general, y se aprecia que las medias aritméticas de los datos son 8,80 para el grupo control y 29,316 para el grupo experimental.

Tabla 7. Postest de puntajes nivel de aprendizaje en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en la dimensión "Traduce cantidades a expresiones numéricas"

Puntajes	Grupos	
	Control (%)	Experimental (%)
1	6(40,0)	-
2	4(26,7)	-
3	4(26,7)	1(5,3)
4	1(6,7)	1(5,3)
6	-	1(5,3)
7	-	3(15,8)
8	-	7(36,8)
9	-	6(31,6)
Total	15 (100)	19 (100)
Media aritmética	2,000	7,579
Desv. estándar	1,000	1,677

Los datos de la tabla 7 muestran los resultados obtenidos en el postest de los grupos control y experimental, en relación con el objetivo específico 1. Se observa que las medias aritméticas de los datos son 2,00 para el grupo control y 7,579 para el grupo experimental.

Tabla 8. Postest de puntajes nivel de aprendizaje en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en la dimensión "Comunica su comprensión sobre los números y las operaciones"

Puntajes	Grupos	
	Control (%)	Experimental (%)
1	4(26,7)	
2	4(26,7)	
3	2(13,3)	

4	3(20,0)	
6	-	2(10,5)
7	2(13,3)	3(15,8)
8	-	3(15,8)
9	-	6(31,6)
10	-	4(21,1)
11	-	1(5,3)
Total	15 (100)	19 (100)
Media aritmética	2,933	8,526
Desv. estándar	1,981	1,429

Los datos de la tabla 8 muestran los resultados obtenidos en el postest, tanto de los grupos control y experimental, en relación con el objetivo específico 2. Se aprecia que las medias aritméticas de los datos son 2,933 para el grupo control y 8,526 para el grupo experimental.

Tabla 9. Postest de puntajes nivel de aprendizaje en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en la dimensión "Usa estrategias y procedimientos de estima y cálculo"

Puntajes	**Grupos**	
	Control (%)	**Experimental (%)**
1	7(46,7)	-
2	5(33,3)	-
3	2(13,3)	-
4	1(6,7)	-
5	-	4(21,1)
6	-	3(15,8)
7	-	8(42,1)
8	-	2(10,5)
9	-	1(5,3)
10	-	1(5,3)
Total	15 (100)	19(100)
Media aritmética	1,800	6,790
Desv. estándar	0,941	1,357

Los datos de la tabla 9 muestran los resultados obtenidos en el postest, tanto de los grupos control y experimental, en relación con el objetivo específico 3. Se aprecia que las medias aritméticas de los datos son 1,80 para el grupo control y 6,790 para el grupo experimental.

Tabla 10. Postest de puntajes nivel de aprendizaje en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en la dimensión "Argumenta afirmaciones sobre las relaciones numéricas y las operaciones"

Puntajes	Grupos	
	Control (%)	Experimental (%)
1	5(33,3)	-
2	6(40,0)	-
3	2(13,3)	-
4	2(13,3)	2(10,5)
5	-	5(26,3)
6	-	2(10,5)
7	-	5(26,3)
8	-	4(21,1)
10	-	1(5,3)
Total	15 (100)	19 (100)
Media aritmética	2,067	6,421
Desv. estándar	1,033	1,610

Los datos de la tabla 10 muestran los resultados obtenidos en el postest de los grupos control y experimental, en relación con el objetivo específico 4. Se observa que las medias aritméticas de los datos son 2,067 para el grupo control y 6,421 para el grupo experimental.

Tabla 11. Prueba t de muestras relacionadas

Grupos	Diferencias relacionadas		Prueba t para igualdad de medias		
	Media	Desv. estándar	t	gl.	Valor p
Experimental	17,84	3,96	19,56	18	**0,0001**
Control	0,53	4,82	0,43	14	**0,675**

Nota: Elaborada en base a los datos de las tablas 1 y 6

Regla de decisión: rechazar la hipótesis nula si el valor p es menor que 0,05 (p<0,05), lo cual equivale a un nivel de significación de α=0,05.

Interpretación: los resultados de la tabla 11 indican que, en el grupo control, donde no se aplicó la estrategia del minicomputador de Papy en el aprendizaje de la competencia "Resuelve problemas de cantidad en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración", no se evidencian diferencias estadísticamente significativas (p=0,675; p>0,05) entre el pretest y el postest. En cambio, en el grupo experimental, donde sí se aplicó la estrategia del minicomputador de Papy en el aprendizaje de la misma competencia, se observaron diferencias estadísticamente significativas (p=0,0001; p<0,05) entre el pretest y el postest. Es decir, la aplicación del minicomputador de Papy mejora de manera significativa el nivel de aprendizaje de la competencia "Resuelve problemas de cantidad en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración" en estudiantes del primer grado de Educación Secundaria de la Institución Educativa Mariano Melgar Valdiviezo, Cajay, 2023.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran que la implementación del minicomputador de Papy tuvo un efecto significativo en el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en estudiantes de primer grado de secundaria. La diferencia de medias entre el pretest y el postest en el grupo experimental fue de 17,84 puntos, con un valor p=0,0001, mientras que el grupo control no mostró cambios significativos (p=0,675). Estos resultados se sustentan en los hallazgos de la tabla 11, lo que indica una mejora estadísticamente sólida gracias al uso del minicomputador de Papy. Asimismo, concuerdan con estudios previos sobre el impacto positivo de los manipulativos en la educación matemática. Por ejemplo, Kontas (2016) reportó que los estudiantes de secundaria que utilizaron manipulativos mejoraron significativamente, tanto en rendimiento académico como en actitud hacia las matemáticas, en comparación con un grupo control. De igual modo, Enríquez (2019) también encontró un impacto positivo del minicomputador de Papy en el desempeño matemático.

Asimismo, los metaanálisis y los estudios longitudinales destacan que el uso de herramientas físicas aumenta el rendimiento en matemáticas cuando se implementan durante un periodo prolongado, especialmente cuando los docentes reciben formación adecuada en su uso (Kablan, 2016). Sin embargo, un uso breve o poco entrenado no genera efectos relevantes, lo que resalta la importancia de la planificación docente.

Los resultados del pretest (Tabla 1) evidencian que, antes de la intervención con el minicomputador de Papy, ambos grupos presentaban bajos niveles de aprendizaje en la competencia "Resuelve problemas de cantidad en operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración". La media aritmética obtenida por el grupo control fue de 8,267, mientras que el grupo experimental registró 11,474. Si bien el grupo experimental mostró una ligera ventaja inicial, la diferencia no es lo suficientemente significativa como para atribuirse a una variable distinta a la intervención, considerando que ambos grupos compartían condiciones socioeducativas similares. Estos resultados iniciales coinciden con estudios previos que han identificado deficiencias en la comprensión de sistemas de numeración en contextos escolares tradicionales. Ismail *et al.* (2023) señalan que la enseñanza de números enteros y operaciones básicas, cuando se imparte bajo metodologías convencionales, genera confusión en los estudiantes debido a la abstracción de los conceptos y la falta de recursos manipulativos que faciliten su comprensión. En esta línea, Meuleners *et al.* (2024) sostienen que la integración de tecnologías digitales y herramientas concretas en la enseñanza matemática sigue siendo limitada, lo que perpetúa bajos niveles de rendimiento en operaciones básicas, especialmente en poblaciones estudiantiles de contextos rurales o con limitaciones de infraestructura.

En consecuencia, la ligera diferencia de medias a favor del grupo experimental (11,474 frente a 8,267) podría explicarse por factores como la disposición inicial de los estudiantes hacia las matemáticas o la experiencia previa con materiales manipulativos en etapas anteriores. Sin embargo, estudios como el de Cóndor-Herrera y Ramos-Galarza (2021) evidencian que, sin una intervención pedagógica adecuada, las diferencias iniciales en rendimiento tienden a permanecer estables o disminuir conforme aumenta la complejidad de los temas.

Asimismo, Herrera Villamizar *et al.* (2012) destacan que la falta de estrategias didácticas centradas en la manipulación concreta de objetos y la representación visual de cantidades limita el desarrollo de habilidades numéricas fundamentales. Esto refuerza la necesidad de implementar herramientas como el minicomputador de Papy para facilitar la transición de los estudiantes desde lo concreto a lo abstracto.

Por lo tanto, la incorporación del minicomputador de Papy no solo permitió mejorar el rendimiento en operaciones básicas, sino que también favoreció el desarrollo de habilidades de comunicación, razonamiento y argumentación matemática, consolidándose como una estrategia didáctica efectiva en la enseñanza de las matemáticas.

A su vez, la consistencia de los resultados a través de las diferentes dimensiones y el contraste con el grupo control refuerzan la validez de la intervención con el minicomputador de Papy. La capacidad de esta herramienta para facilitar la comprensión de sistemas de numeración y operaciones básicas, al permitir la manipulación concreta de conceptos abstractos, se presenta como un factor clave en la mejora del aprendizaje. Las limitaciones del estudio incluyen el tamaño de la muestra y la especificidad del contexto geográfico, lo que podría afectar la generalización de los resultados. Sin embargo, los hallazgos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones sobre la implementación del minicomputador de Papy en otros contextos educativos y con poblaciones más amplias. En síntesis, este estudio subraya la trascendencia de integrar herramientas didácticas innovadoras para potenciar el aprendizaje de las matemáticas, contribuyendo a cerrar la brecha en el rendimiento académico y fomentando un enfoque más dinámico y efectivo en la enseñanza.

Finalmente, la eficacia observada del minicomputador de Papy puede explicarse a partir de su enfoque de aprendizaje activo, ya que el uso de objetos físicos permite a los estudiantes experimentar con cantidades, construir conocimiento manipulable y articular representaciones en los niveles enactivo, icónico y simbólico, lo que favorece el desarrollo de procesos cognitivos más sólidos. No obstante, es posible que algunos estudiantes muestren resistencia inicial o perciban el material manipulativo como una muleta más que como una herramienta conceptual, especialmente frente a tareas de mayor complejidad cognitiva (Quane, 2024). En conjunto, los resultados evidencian que la aplicación del minicomputador de Papy mejora de manera significativa el nivel de aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas con sistemas de numeración en estudiantes de primer grado de educación secundaria, al facilitar la comprensión de conceptos numéricos abstractos mediante la manipulación concreta, aportando así evidencia de su efectividad como recurso didáctico en contextos rurales y consolidándose como una alternativa viable para fortalecer la enseñanza de las matemáticas en los niveles básicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agyei, E., Agyei, D. D., & Benning, I. (2024). Teaching mathematics with digital technologies: A situational analysis of high school teachers' experiences in Ghana. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, *28*(1), 57-70. https://doi.org/10.1080/18117295.2023.2265241

Ariani, Y., Suparman, S., Helsa, Y., Zainil, M., & Rahmatina, R. (2024). ICT-based or-assisted mathematics learning and numerical literacy: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Information and Education Technology*, *14*(3), 382-397. https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.3.2060

Cóndor-Herrera, O., & Ramos-Galarza, C. (2021). The impact of a technological intervention program on learning mathematical skills. *Education and Information Technologies, 26*(2), 1423-1433. https://doi.org/10.1007/s10639-020-10308-y

De Bock, D., & Vanpaemel, G. (2019). Preparing for the Introduction of Modern Mathematics into the Classroom: Experimentation and Teacher Training. In *Rods, Sets and Arrows: The Rise and Fall of Modern Mathematics in Belgium* (pp. 95-116). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20599-7_5

Enríquez Arotoma, G. (2019). *Minicomputador de Papy en la resolución de problemas de cambio en los niños de Segundo Grado de la Institución Educativa Nº 36017 de Huanaspampa-Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica. http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2704

Harris, A. D., McGregor, J. C., Perencevich, E. N., Furuno, J. P., Zhu, J., Peterson, D. E., & Finkelstein, J. (2006). The use and interpretation of quasi-experimental studies in medical informatics. *Journal of the American Medical Informatics Association*, *13*(1), 16-23. https://doi.org/10.1197/jamia.M1749

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

Herrera Villamizar, N. L., Montenegro Velandia, W., & Poveda Jaimes, S. (2012). Revisión teórica sobre la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (35), 254-287. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194224362014

Ismail, N. F. H., Shahrill, M., & Asamoah, D. (2023). Learning through virtual manipulatives: Investigating the impact of Gizmos-based lessons on students' performance in integers. *Contemporary Mathematics and Science Education, 4*(1), ep23009. https://doi.org/10.30935/conmaths/12857

Kontas, H. (2016). The Effect of Manipulatives on Mathematics Achievement and Attitudes of Secondary School Students. *Journal of Education and Learning, 5*(3), 10-20. http://dx.doi.org/10.5539/jel.v5n3p10

Kablan, Z. (2016). The effect of manipulatives on mathematics achievement across different learning styles. *Educational Psychology, 36*(2), 277-296. https://doi.org/10.1080/01443410.2014.946889

Meuleners, J. S., Lindermayer, C., Traub, D., Aufleger, M., Rutkowski, A., Kosiol, T., ... & Neuhaus, B. J. (2024). Are Digital Tools More Often Implemented in High-Quality Lessons? Profiles of Instructional Quality and the Use of Digital Tools in Biology and Mathematics Lessons. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-27. https://doi.org/10.1007/s10763-024-10510-1

Lamon, W. E., & Threadgill, J. (1975). The Papy-Lamon Minicomputer for Blind Children: An Aid in Learning Mathematics. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, *69*(7), 289-294. https://doi.org/10.1177/0145482X7506900701

Papy, F. (1974). Nebuchadnezzar, seller of newspapers: An introduction to some applied mathematics. *The Arithmetic Teacher*, *21*(4), 278-285. https://doi.org/10.5951/AT.21.4.0278

Quane, K. (2024). The confluence of attitudes towards mathematics and pedagogical practice: evaluating the use of mathematical manipulatives. *Mathematics Education Research Journal*, 1-30. https://doi.org/10.1007/s13394-024-00494-0

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Los autores participaron en el diseño y redacción del artículo, en la búsqueda y análisis de la información contenida en la bibliografía consultada.

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional