

APRENDIZAJE DE FACTORIZACIÓN DE POLINOMIOS CON GEOGEBRA Y RECURSOS MANIPULATIVOS EN UN LABORATORIO MATEMÁTICO

LEARNING POLYNOMIAL FACTORIZATION WITH GEOGEBRA AND MANIPULATIVE RESOURCES IN A MATHEMATICS LABORATORY

Dirwin Alfonso Muñoz Pinto ^{1*}

E-mail: dirwin.munoz@isfodosu.edu.do

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2400-9064>

Jesús Ramón Guillén Ruíz ¹

E-mail: jesus.guillen@isfodosu.edu.do

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5548-5821>

¹Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña, República Dominicana.

*Autor para correspondencia



Cita sugerida (APA, séptima edición)

Muñoz Pinto, D.A., y Guillén Ruíz, J.R. (2025). Aprendizaje de Factorización de Polinomios con GeoGebra y Recursos Manipulativos en un Laboratorio Matemático. *Revista Conrado*, 21(105), e4421.

RESUMEN

El estudio evaluó la implementación de un laboratorio de matemáticas como estrategia para fortalecer el aprendizaje de la factorización de polinomios en estudiantes de secundaria en la República Dominicana. La intervención integró materiales manipulativos y el software GeoGebra con el propósito de facilitar la comprensión de conceptos algebraicos y mejorar el desarrollo de competencias en esta área. Mediante un enfoque mixto y un diseño longitudinal, se analizó el impacto de la propuesta en el desempeño académico y la percepción de los participantes. Las actividades guiadas en el laboratorio permitieron la exploración interactiva de la factorización algebraica, promoviendo la construcción del conocimiento a partir de la experimentación y el uso de recursos didácticos. Los resultados evidenciaron mejoras en la comprensión de los conceptos abordados, así como una alta aceptación de la metodología. Se identificaron avances en la resolución de ejercicios y en la aplicación de estrategias analíticas para la factorización de polinomios. Asimismo, se observó un incremento en la motivación y la confianza de los estudiantes al enfrentarse a problemas matemáticos. Este trabajo aporta evidencia sobre la efectividad de los laboratorios de matemáticas en contextos educativos desafiantes, resaltando su potencial para transformar la enseñanza del álgebra. Se recomienda la implementación de metodologías similares en otros niveles educativos y su adaptación a diferentes áreas de las matemáticas para seguir explorando su impacto en el desarrollo de habilidades cognitivas y matemáticas.

Palabras clave:

Laboratorio de matemáticas, GeoGebra, Materiales manipulativos, Productos notables.

ABSTRACT

The study evaluated the implementation of a mathematics laboratory as a strategy to strengthen the learning of polynomial factoring in high school students in the Dominican Republic. The intervention integrated manipulative materials and GeoGebra software with the purpose of facilitating the understanding of algebraic concepts and improving the development of competencies in this area. Using a mixed approach and a longitudinal design, the impact of the proposal on academic performance and the perception of the participants was analyzed. The guided activities in the laboratory allowed the interactive exploration of algebraic factorization, promoting the construction of knowledge through experimentation and the use of didactic resources. The results showed improvements in the understanding of the concepts addressed, as well as a high acceptance of the methodology. Advances were identified in the resolution of exercises and in the application of analytical strategies for factoring polynomials. Likewise, an increase in students' motivation and confidence when facing mathematical problems was observed. This work provides evidence on the effectiveness of mathematics laboratories in challenging educational contexts, highlighting their potential to transform the teaching of algebra. The implementation of similar methodologies at other educational levels and their adaptation to different areas of mathematics is recommended to further explore their impact on the development of cognitive and mathematical skills.

Keywords:

Math lab, GeoGebra, Manipulative materials, Remarkable products.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las matemáticas en la educación secundaria enfrenta desafíos significativos, especialmente en la comprensión de temas abstractos como la factorización de polinomios y los productos notables. En la República Dominicana, los resultados de evaluaciones internacionales como PISA 2022 y ERCE 2021 revelan desempeños deficientes en matemáticas, en un artículo publicado por Payano (2023) y la UNESCO, (2021) respectivamente, destacando la necesidad de estrategias pedagógicas que promuevan un aprendizaje más significativo y accesible para los estudiantes. Estas dificultades son comunes, ya que conceptos como los polinomios suelen percibirse como desconectados de la realidad cotidiana, generando actitudes defensivas hacia su estudio (Carrera, 2023).

El uso de materiales didácticos manipulativos se ha convertido en una herramienta eficaz para abordar estas problemáticas, al permitir que los estudiantes exploren conceptos abstractos mediante experiencias concretas. Así lo expresan Flores y Salazar (2024), mediante un estudio cuasiexperimental a un grupo de estudiantes de segundo año de secundaria, expresan que el uso de materiales concretos mejora la capacidad de resolución de problemas matemáticos. Los resultados estadísticos confirman la eficacia del uso de dichos materiales como una estrategia efectiva favoreciendo un aprendizaje significativo, eficiente y participativo en las matemáticas. Marín (2023) concluye que estos materiales favorecen la interiorización de conceptos matemáticos, mientras que Ávalos y Hernández (2023) destaca que su implementación promueve actitudes positivas, como la participación y motivación en clases. En un estudio similar, Peña (2023) evidencia que los materiales manipulativos concretos ayudan a los estudiantes a evitar errores comunes al operar algebraicamente, mientras que Auqui (2023) sugiere complementarlos con recursos lúdicos para estimular la creatividad y consolidar los aprendizajes. Siguiendo la misma temática, Álvarez (2021) realiza una propuesta didáctica para la enseñanza de productos notables. Para verificar los conocimientos de los estudiantes sobre dicho tema y si los docentes recurren al uso de materiales didácticos, el autor opta por aplicar encuestas a los estudiantes y entrevistas a los profesores. García (2022a) amplía esta perspectiva al proponer talleres integrando materiales manipulativos y digitales, valorados positivamente por estudiantes y docentes.

Ahora bien, hasta aquí hemos visto que los materiales didácticos manipulables, como bloques geométricos, geoplano, tangram y modelos tridimensionales, son herramientas concretas que permiten a los estudiantes explorar conceptos abstractos y desarrollar el pensamiento

lógico matemático; sin embargo, estos materiales tienen limitaciones en cuanto a representar fenómenos complejos o dinámicos, como la rotación de figuras en el espacio o los cambios de escala en tres dimensiones. Es aquí donde las **herramientas tecnológicas** complementan y amplían estas experiencias, como observamos en De Hernández y Ávila (2024), donde su metodología está basada en el uso de las TIC'S en el uso del álgebra geométrica para fortalecer los procesos de factorización, con lo que concluyeron, de acuerdo a los resultados obtenidos, la importancia de la creación de un ecosistema digital con herramientas tecnológicas utilizadas en un entorno web y supervisados por tutores capacitados para obtener un aprendizaje significativo.

En consonancia con lo anterior mencionado, vemos que el rol de las TIC en la enseñanza de las matemáticas ofrece una dimensión adicional al aprendizaje permitiendo una visualización avanzada de los conceptos estudiados. Un ejemplo de ello es el uso de GeoGebra, donde permite explorar conceptos geométricos, algebraicos y de cálculo en tiempo real, ofreciendo representaciones dinámicas en 2D y 3D. Esto amplía las posibilidades de los materiales manipulables al representar objetos matemáticos que no son físicamente posibles de construir.

Según Gómez et al. (2023), GeoGebra actúa como un medio pedagógico eficaz al facilitar la visualización de conceptos matemáticos complejos en tiempo real. (Auccahualpa et al., 2022; Balarezo y Andrade, 2022; Guevara, 2021), coinciden en que este software mejora significativamente las competencias matemáticas, mientras que Gómez, et al. (2024) observan un impacto positivo en el desempeño académico tras su integración sistemática en clases universitarias. Además, estudios como los de (García-Lázaro y Martín-Nieto, 2023; Zamora, 2022) subrayan la importancia de GeoGebra en el desarrollo de competencias digitales y matemáticas, proponiéndolo como un recurso didáctico esencial en entornos colaborativos. Por su parte Saavedra (2020), evalúa los efectos de usar GeoGebra en estudiantes de básica superior para la enseñanza en la resolución de problemas matemáticos. El estudio lo implementa en dos fases, primero usando la enseñanza tradicional de los conceptos en clase y la otra aplicando el software GeoGebra para reforzar los temas vistos. Los resultados demuestran que el uso de dicho software tuvo consecuencias positivas y significativas en el aprendizaje de las matemáticas.

La combinación de materiales manipulativos y herramientas tecnológicas ha sido ampliamente estudiada como una estrategia para optimizar el aprendizaje de las matemáticas. Fonseca (2021), destaca que el uso conjunto de representaciones algebraicas y herramientas TIC crea

ambientes apropiados para el aprendizaje de conceptos matemáticos. Hernández, et al. (2021) refuerzan esta idea al señalar que los materiales didácticos digitales, integrados con GeoGebra, afianzan los aprendizajes de forma significativa. Asimismo, Da Silva, et al. (2021) proponen la creación colaborativa de materiales manipulables, como los algeblocks, para fomentar la participación activa de docentes y estudiantes en el proceso de enseñanza.

Por último, Gañan (2020), usando un enfoque cuantitativo con un diseño cuasiexperimental, desarrollan un laboratorio virtual para la enseñanza y aprendizaje de la cinemática usando GeoGebra. A pesar de que el estudio se centra en el aprendizaje de física, no escapa de reconocer la importancia del uso de GeoGebra como soporte tecnológico para la consolidación de los conceptos, sea de física o matemáticas. El autor concluye que la implementación de dicho recurso tecnológico permite generar un entorno educativo apto y práctico brindando resultados exitosos y aprendizajes significativos y de calidad.

En este contexto, el presente estudio implementa un laboratorio de matemáticas en un centro educativo de la República Dominicana, combinando materiales manipulativos y GeoGebra para la enseñanza de la factorización de polinomios. Este enfoque busca superar los métodos tradicionales mediante la integración de estrategias visuales y manipulativas que promuevan un aprendizaje activo, significativo y participativo.

El objetivo principal de esta investigación es evaluar el impacto del laboratorio en el aprendizaje de la factorización de polinomios, con un enfoque particular en dos aspectos clave: la satisfacción y percepción de los estudiantes respecto a las estrategias y recursos implementados (incluyendo interpretación geométrica, recursos manipulativos y tecnológicos), y el desarrollo de habilidades específicas como la interpretación geométrica de la propiedad distributiva y el dominio de los productos notables (cuadrado, cubo, diferencia de cuadrados y suma/diferencia de cubos). En este marco, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuál es el nivel de satisfacción que sienten los estudiantes al trabajar en el laboratorio de matemáticas?
2. ¿Los estudiantes comprenden la interpretación geométrica de la propiedad distributiva?
3. ¿Cuál es el nivel de comprensión de los estudiantes sobre los productos notables del cuadrado y el cubo?
4. ¿Cuál es el nivel de comprensión de los estudiantes sobre la diferencia de cuadrados, diferencia y suma de cubos?

Este trabajo contribuye a la literatura proporcionando evidencia sobre la eficacia de los laboratorios de matemáticas, destacando la integración de recursos manipulativos y tecnológicos como una estrategia efectiva para mejorar el aprendizaje de las matemáticas en contextos educativos desafiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio, enfocado en evaluar el impacto de un laboratorio de matemáticas en estudiantes de tercero a sexto de secundaria, empleó un enfoque mixto con una metodología de triangulación concurrente y un esquema de panel longitudinal. Esta combinación metodológica permitió obtener una comprensión integral de los efectos del laboratorio a lo largo del tiempo, integrando datos cuantitativos y cualitativos, Jasso, et al (2024).

Diseño mixto

Se aplicó un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos para recopilar y analizar los datos. Según Meneses (2022), es posible que dichos datos se recojan de manera simultánea o secuencial o que se pretenda triangular, explicar o explorar un método con otro, y todo ello dependerá de la fase del proceso de investigación que es aplicado. Estas pruebas evaluaron habilidades específicas relacionadas con los temas abordados en el laboratorio. Los resultados fueron analizados estadísticamente para identificar patrones y tendencias en el aprendizaje a lo largo del tiempo, mientras que en la parte cualitativa se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con los estudiantes al finalizar cada taller. Estas entrevistas exploraron sus percepciones sobre la utilidad de los materiales didácticos, el impacto de las actividades prácticas y el papel de las herramientas tecnológicas en su aprendizaje. Los datos cualitativos fueron codificados y analizados temáticamente para identificar las percepciones y actitudes de los estudiantes hacia el laboratorio.

Triangulación concurrente

Los datos cuantitativos y cualitativos se recolectaron de manera simultánea y se integraron durante el análisis para comparar y contrastar los hallazgos. Esto permitió corroborar la validez de los resultados al buscar consistencias o discrepancias entre los datos de ambos enfoques.

Se utilizó un **muestreo aleatorio simple** para seleccionar a los participantes, garantizando que cada estudiante de la población tuviera la misma probabilidad de ser incluido en el estudio. La muestra estuvo conformada por **25 estudiantes**, distribuidos como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Distribución de la muestra

Población		Muestra	
Tercer año	30	Tercer año	12
Cuarto año	25	Cuarto año	7
Quinto año	25	Quinto año	4
Sexto año	20	Sexto año	2
Total	100	Total	25

Fuente: Elaboración propia.

La elección de este tamaño de muestra permitió trabajar con un grupo manejable de estudiantes, manteniendo un balance representativo de los diferentes niveles educativos dentro del politécnico, además, dicha distribución refleja un enfoque proporcional a los niveles educativos, permitiendo incluir la diversidad de perspectivas entre los grados superiores de secundaria.

Estrategias e instrumentos

Como se indicó en la metodología descrita, el estudio tiene un enfoque **mixto**, combinando métodos **cuantitativos** y **cualitativos**, con un diseño de **panel longitudinal**. Este diseño permitió medir el aprendizaje de los estudiantes y sus percepciones en diferentes momentos durante la intervención, la cual consistió en la implementación de **siete talleres educativos**.

Las estrategias para la recolección de datos cuantitativos se realizaron mediante pruebas diagnósticas al inicio y final de cada taller diseñadas con el mismo formato y estructura, pero con números diferentes para evitar la memorización de respuestas. Cada prueba incluyó tres preguntas de selección múltiple, relacionadas con el tema trabajado en cada taller.

Se aplicaron un total de 42 ítems (3 preguntas por prueba x 2 pruebas por taller x 7 talleres), con el propósito de evaluar el nivel de aprendizaje de los estudiantes en momentos diferentes (inicio y final de cada taller).

Para la recolección de los datos cualitativos, al finalizar cada taller, se aplicó una encuesta de percepción estudiantil compuesta por **3 preguntas cerradas** con opciones “Sí” o “No”, relacionadas con el tema estudiado en el taller. En el último taller, se añadieron **2 preguntas adicionales** para medir la **aceptación de la metodología aplicada** durante toda la intervención. En total se aplicaron 23 preguntas, (3 preguntas x 7 talleres + 2 preguntas en el último taller), con el propósito de explorar las percepciones de los estudiantes sobre los talleres y su aceptación hacia la metodología utilizada.

Los talleres se centraron en tipos específicos de factorización, como factor común, diferencia de cuadrados y

de cubos, entre otros. Para explicar estos métodos, se utilizaron materiales didácticos manipulativos (por ejemplo, cubos de madera) que facilitaron la visualización de la interpretación geométrica de cada tema abordado. Posteriormente, dichas interpretaciones geométricas se modelaron en el software GeoGebra, permitiendo a los estudiantes conectar lo geométrico con lo algebraico mediante simulaciones interactivas.

Esta forma de presentar los conceptos busca fomentar la apropiación de los contenidos por parte de los estudiantes, evitando la simple memorización de las representaciones algebraicas de los métodos de factorización, que con frecuencia carecen de significado para los alumnos. Al abordar estos temas según la estrategia descrita en los talleres, se facilita su comprensión y se evidencia que, en el fondo, las operaciones realizadas corresponden a la suma y multiplicación de áreas y volúmenes, lo que otorga mayor sentido y pertinencia al proceso de aprendizaje

Se realizó una validación de los instrumentos con el método de **juicio de expertos**, seleccionando a **tres jueces** con experiencia en el área de matemáticas. Este método, también conocido como **validación por criterio de expertos**, Díaz et al (2020), se justifica por la necesidad de garantizar que los instrumentos sean claros, coherentes y pertinentes en relación con los objetivos del estudio. Los jueces analizaron los instrumentos bajo las dimensiones de claridad, coherencia y pertinencia, donde posteriormente se utilizó la técnica de **proporción de acuerdos** entre los jueces, obteniendo un valor de **0.83**, lo que se considera válido según los estándares de investigación educativa. Para determinar la consistencia interna de las pruebas diagnósticas, se aplicó el índice de **alfa de Cronbach**, obteniendo un valor de **0.92**, lo que indica un nivel de confiabilidad **excelente**.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos cuantitativos se utilizaron pruebas diagnósticas aplicadas antes y después de cada taller para medir la comprensión y el progreso de los estudiantes en conceptos matemáticos clave. Los datos recolectados se analizaron mediante estadística descriptiva con el propósito de resumir y describir los datos obtenidos en cada taller, donde los indicadores analizados fueron el promedio de respuestas correctas por pregunta y los porcentajes de mejora entre las pruebas iniciales y finales.

Este análisis permitió identificar tendencias generales y diferencias en el nivel de comprensión antes y después de cada taller, atendiendo las preguntas de investigación relacionadas con los productos notables, la diferencia de cuadrados y cubos.



Se utilizaron pruebas t para comparar los puntajes promedio de las pruebas diagnósticas iniciales y finales en cada taller y mediante ANOVA de medidas repetidas se evaluaron si las diferencias observadas entre los puntajes de los talleres eran estadísticamente significativas a lo largo del tiempo. Estas pruebas inferenciales aseguraron que los cambios en los niveles de comprensión fueran atribuibles a la intervención y no a la variabilidad aleatoria.

Por último, se realizaron cálculos de porcentajes de mejora para determinar la magnitud del cambio en las respuestas correctas en cada taller, este indicador permitió cuantificar el progreso en términos de aprendizaje, dando una medida clara y objetiva del impacto del laboratorio de matemáticas en el aprendizaje de los conceptos geométricos y algebraicos.

Para el análisis de los datos cualitativos se realizaron encuestas de percepción estudiantil al final de cada taller para evaluar el nivel de satisfacción de los estudiantes y su percepción sobre la utilidad de los materiales manipulativos y las herramientas tecnológicas (GeoGebra). Las respuestas a las preguntas cerradas (“Sí” o “No”) se resumieron mediante frecuencias y porcentajes. Las observaciones adicionales se codificaron en temas clave, como “satisfacción”, “utilidad de los recursos” y “comprensión”. Esto permitió estructurar las percepciones de los estudiantes en categorías significativas, respondiendo específicamente a la pregunta de investigación 1 sobre satisfacción.

Se identificaron patrones en las respuestas relacionadas con la aceptación de la metodología y la utilidad percibida de los materiales manipulativos y GeoGebra, lo cual profundizó en la comprensión de cómo los estudiantes valoraron las experiencias de aprendizaje, conectando los hallazgos con los objetivos del estudio.

Finalmente se calcularon los porcentajes de estudiantes que seleccionaron “Sí” o “No” en las preguntas cerradas para medir la percepción de satisfacción general y la aceptación de la metodología aplicada durante toda la intervención (preguntas adicionales del último taller), lo que proporcionó una visión clara y cuantificada de las percepciones estudiantiles, útil para responder también a la pregunta 1 sobre satisfacción y evaluar la metodología en general.

Justificación del Diseño Mixto

El diseño mixto de **panel longitudinal** fue fundamental para:

- 1. Medir el progreso de los estudiantes en distintos momentos de la intervención, asegurando una evaluación continua.
- 2. Contrastar resultados cuantitativos con datos cualitativos, lo que permitió evaluar no solo el aprendizaje, sino también la percepción y aceptación de la metodología.
- 3. Garantizar un análisis integral que abordara tanto los aspectos objetivos (puntajes) como subjetivos (satisfacción y percepción).

RESULTADOS-DISCUSIÓN

Ahora, se detallan los resultados obtenidos del estudio que evaluó el impacto de una intervención educativa en estudiantes de secundaria. Se compararon los resultados obtenidos en un diagnóstico inicial con los resultados obtenidos tras la intervención. El análisis se realizó por años escolares y por categorías de problemas relativos al tema de factorización, utilizando diversas herramientas estadísticas y visuales para validar y explicar los hallazgos.

Mejoras porcentuales globales por año escolar

En la Tabla 2 se presenta la comparación entre el promedio de respuestas correctas obtenidas en el diagnóstico inicial y los resultados finales tras la intervención para cada año escolar. También se incluye la mejora porcentual obtenida.

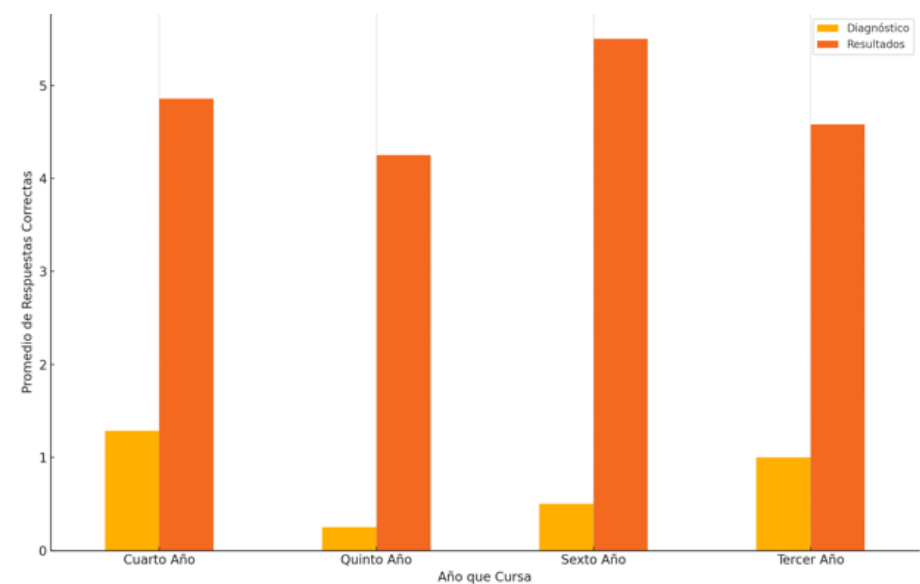
Tabla 2: Mejoras porcentuales por año

Año que cursa	Diagnóstico promedio	Resultados promedio	Mejora total (%)
Tercer año	1.00	4.58	358.33
Cuarto año	1.29	4.86	277.78
Quinto año	0.25	4.25	1600.00
Sexto año	0.50	5.50	1000.00

Fuente: Elaboración propia.

La comparación del diagnóstico respecto a los resultados por año se visualiza en la Figura 1.

Fig. 1: Comparación de diagnóstico vs resultados por año



Fuente: Elaboración propia

Mejoras porcentuales por categoría de problema

Se evaluaron las mejoras promedio, por cada categoría de problema matemático, analizando el porcentaje de respuestas correctas antes y después de la intervención, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3: Mejora porcentual por categoría de problema

Categoría	Diagnóstico (%)	Resultados (%)	Mejora (%)
Factor común	0.16	0.80	400.00
Producto notable	0.08	0.64	700.00
Trinomio cuadrado perfecto	0.08	0.64	700.00
Diferencia de cuadrados	0.20	0.72	260.00
Diferencia de cubos	0.12	0.68	466.67
Binomio al cubo	0.08	0.52	550.00
Completación de cuadrados	0.20	0.68	240.00
Total, correctas	0.92	4.68	408.70

Fuente: Elaboración propia

Análisis estadístico

Se aplicaron pruebas t para determinar si las diferencias entre el diagnóstico y los resultados finales fueron estadísticamente significativas para cada año escolar. Los resultados se visualizan en la Tabla 4.

Tabla 4: Diferencias significativas por grupo

Año que cursa	Estadístico t	p-valor
Tercer año	-7.94	0.0000

Cuarto año	-5.50	0.0015
Quinto año	-4.38	0.0220
Sexto año	-2.50	0.2422

Fuente: Elaboración propia

También se evaluaron las diferencias por categoría de problema matemático mediante pruebas t, como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5: Diferencias significativas por categoría

Categoría	Estadístico t	p-valor
Factor común	-6.53	0.0000
Producto notable	-4.80	0.0001
Trinomio cuadrado perfecto	-4.80	0.0001
Diferencia de cuadrados	-4.44	0.0002
Diferencia de cubos	-5.53	0.0000
Binomio al cubo	-3.38	0.0025
Completación de cuadrados	-4.71	0.0001
Total, correctas	-11.29	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

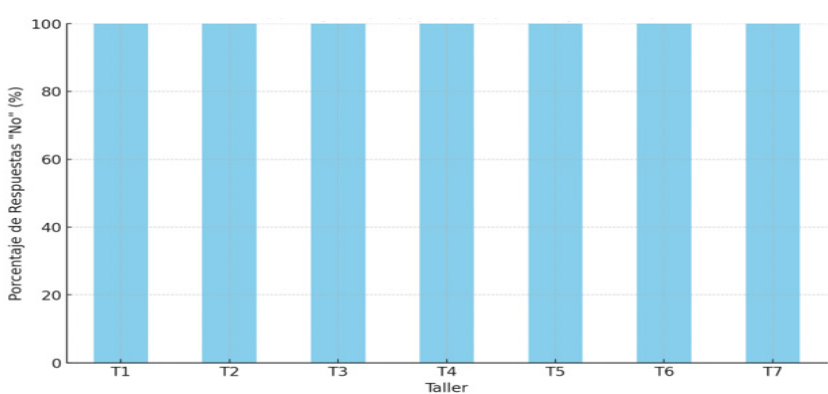
Ahora pasamos a mostrar los resultados cualitativos los cuales tienen como objetivo evaluar la percepción de los estudiantes sobre el uso de materiales didácticos manipulativos en la enseñanza de los conceptos antes descritos, complementados con la introducción de simulaciones usando GeoGebra además de medir el nivel de aceptación de la implementación de dicha metodología.

Como se describió anteriormente, para medir la percepción de la metodología aplicada se le realizaron en los 7 talleres una encuesta de 3 preguntas cerradas:

1. ¿Habían visto la interpretación geométrica de (Tema bajo estudio en cada taller)?
2. ¿Y mediante materiales didácticos manipulativos?
3. ¿Y mediante simulaciones con GeoGebra?

La única respuesta posible era “sí” o “no”. Todos los talleres, denominados T1, T2, T3, etc., registran un 100% de respuestas “no” y este resultado es uniforme en todas las preguntas y en todos los talleres evaluados como se puede observar en la Figura. 2.

Fig. 2: Porcentaje de respuestas “no” por taller



Fuente: Elaboración propia

Para medir el nivel de aceptación de la metodología implementada, en el último taller se anexaron dos preguntas a la encuesta donde buscábamos indagar el nivel de satisfacción de forma general del laboratorio de matemáticas. Las preguntas fueron las siguientes:

- 1. ¿Se comprenden mejor los temas vistos usando materiales manipulativos y GeoGebra?
- 2. ¿Les gustaría que todas las clases de matemáticas sean impartidas de esta forma?

En la Tabla 6 se muestran los datos recolectados observándose que en función de la pregunta (4), 21 de 25 estudiantes (84%) respondieron que sí comprenden mejor los temas con materiales manipulativos y GeoGebra, mientras que 4 (16%) respondieron negativamente. Mientras que en la pregunta (5), 23 de 25 estudiantes (92%) afirmaron que les gustaría que todas las clases se impartieran de esta manera, mientras que solo 2 (8%) prefieren otros métodos.

Tabla 6: Distribución de respuestas

Pregunta	Respuestas "sí"	Respuestas "no"	Total	%Sí	%No
¿Se comprenden mejor los temas vistos usando materiales manipulativos y GeoGebra?	21	4	25	84%	16%
¿Les gustaría que todas las clases de matemáticas sean impartidas de esta forma?	23	2	25	92%	8%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la primera pregunta de investigación, la cual trata sobre el nivel de satisfacción de los estudiantes al trabajar con los laboratorios de matemáticas, los resultados muestran un nivel alto de satisfacción respecto a la metodología empleada. Como se observa en la fig. 2, la homogeneidad de las respuestas indica que el enfoque metodológico introduce un contenido y una forma de trabajo completamente nuevos para los estudiantes. Además, destacan la pertinencia de implementar los talleres con un enfoque innovador, dado que ninguno de los estudiantes había trabajado previamente con esta metodología. Estos resultados están en consonancia con la afirmación de García (2024), el cual propone integrar materiales manipulativos y digitales mediante talleres valorados de forma positiva por estudiantes y docentes.

Por otro lado, los hallazgos mostrados en la Tabla 6 indican una aceptación generalizada de la metodología, ya que la mayoría percibe una mejora en la comprensión de los contenidos, y en el sentido de las preferencias de estilo de clase, existe un respaldo significativo al uso de materiales manipulativos y GeoGebra como parte del método estándar de enseñanza. Esto último confirma lo establecido por (Auccahuallpa et al., 2022; Balarezo y Andrade, 2022; Guevara, 2021), los cuales coincidieron en que GeoGebra mejora significativamente las competencias matemáticas.

Estos datos evidencian que la intervención educativa tuvo un impacto positivo en la percepción de los estudiantes hacia las matemáticas, lo que confirma el objetivo descrito en la introducción mediante la implementación de estrategias innovadoras, coincidiendo con lo propuesto por Ávalos y Hernández (2023) y Marín (2023), los cuales expresan que el uso de materiales didácticos promueve actitudes positivas, como la participación y motivación en clases.

La segunda pregunta de investigación plantea la interpretación geométrica de la propiedad distributiva, (factor común) en el sentido opuesto. Los resultados de los talleres muestran que antes de la intervención, ningún estudiante había trabajado con interpretaciones geométricas del tema utilizando materiales manipulativos o GeoGebra, ya que el 100% respondió "no" en todas las preguntas relacionadas con la metodología previa. Sin embargo, tras la intervención, se observó una mejora significativa en las categorías vinculadas al entendimiento de productos notables y propiedades algebraicas, como se aprecia en la Tabla 3 en donde se observa que el factor común mejoró un 400%.

Estas mejoras cuantitativas sugieren que la representación geométrica facilitó la comprensión conceptual de la propiedad distributiva, validando la propuesta dada por De Hernández y Ávila (2024), donde concluye que el uso del álgebra geométrica facilita el aprendizaje de temas de factorización de polinomios.

Con respecto a la pregunta de investigación 3, la cual trata sobre la comprensión de los productos notables del cuadrado y del cubo, también la Tabla 3 muestra un aumento significativo en las categorías de "trinomio cuadrado perfecto" (700%) y "binomio al cubo" (550%). Este incremento refleja una mejora en el entendimiento de los productos notables, especialmente cuando se relacionan con interpretaciones geométricas y manipulativas, lo cual indica



que la intervención abordó eficazmente estas áreas específicas, observándose la correspondencia con lo sugerido por Álvarez (2021) donde indica la importancia de los materiales didácticos en la enseñanza de productos notables.

Por último, en la pregunta de investigación 4, se plantea el nivel de comprensión de los estudiantes sobre la diferencia de cuadrados, diferencia y suma de cubos. Los resultados muestran las mejoras en las categorías “diferencia de cuadrados” (260%) y “diferencia de cubos” (466.67%) demuestran que la intervención educativa fue efectiva también en estos conceptos.

La manipulación concreta y el uso de GeoGebra permitieron que los estudiantes visualizaran las relaciones algebraicas de manera más clara, como se reflejó en las respuestas correctas finales. Este resultado respalda lo expuesto por Hernández et al. (2021) donde refuerzan esta idea al integrar los materiales concretos con GeoGebra.

Relación de los resultados con los objetivos del estudio

Recordemos que el objetivo principal de este estudio era evaluar el impacto del laboratorio de matemáticas en la comprensión y percepción de los estudiantes hacia conceptos complejos de factorización, así como medir la aceptación de la metodología propuesta. Los resultados obtenidos demuestran que hubo una mejora global en el rendimiento académico, como se aprecia en las mejoras porcentuales por año escolar (Tabla 2), especialmente en quinto y sexto año, con aumentos del 1600% y 1000% respectivamente. También la percepción positiva de los estudiantes hacia la metodología se traduce en un nivel de aceptación mayoritario, como lo demuestra el 92% que prefiere esta forma de enseñanza y finalmente los resultados estadísticamente significativos (Tabla 5) para casi todas las categorías refuerzan la validez de la intervención.

Este estudio es el resultado del proyecto de investigación titulado: “El laboratorio de matemáticas: incidencia en estudiantes de secundaria de la República Dominicana”, bajo el código VRI-PI-7-2023-038, el cual fue financiado por el Instituto de Formación Docente Salomé Ureña.

CONCLUSIONES

El análisis confirma que la intervención educativa fue efectiva en mejorar el desempeño de los estudiantes en todos los años escolares y categorías de problemas evaluados. Las mayores mejoras se observaron en estudiantes de los años iniciales y en problemas específicos como ‘Factor Común’.

Las diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los casos respaldan la eficacia de la metodología aplicada durante la intervención. Sin embargo, se recomienda un enfoque más focalizado en áreas con menor mejora.

La implementación del laboratorio de matemáticas, integrando GeoGebra y materiales manipulativos, demostró ser una herramienta eficaz para mejorar el aprendizaje algebraico en estudiantes de secundaria. Los resultados destacan la importancia de adoptar enfoques pedagógicos innovadores que combinen tecnología y manipulación tangible.

Y finalmente como recomendaciones futuras se podría proponer replicar este modelo en diferentes contextos educativos para validar su eficacia, además de diseñar programas de capacitación docente en el uso de laboratorios de matemáticas y por último extender la investigación a otras áreas de la matemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Alvarracín, C. F. (2021). *Propuesta didáctica activa para la enseñanza de productos notables*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/37144>
- Auccahualpa, R., Vásquez, R. I. T., y Rodríguez, D. I. R. (2022). *Beneficios del uso de GeoGebra en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Matemática* [ponencia]. IV Congreso Internacional de la Universidad Nacional de Educación. <http://repositorio.unae.edu.ec/handle/56000/2587>
- Auqui Sislema, C. M. (2023). *Uso del Algeplano para el proceso de enseñanza-aprendizaje de productos notables en la Unidad Educativa Vigotsky*. Riobamba. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10915>
- Ávalos Pardo, J., y Hernández Hernández, K. (2023). *El uso de material didáctico para favorecer el aprendizaje de expresiones cuadráticas aplicadas al cálculo de áreas*. <https://repositorio.beceneslp.edu.mx/jspui/handle/20.500.12584/1247>
- Balarezo, R. W. S., y Andrade, A. M. B. (2022). Geogebra en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de las Matemáticas. *Dominio de las Ciencias*, 8(2), 12. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8548157>
- Carrera Guerrero, S. A. (2023). *Incidencia del método solución de problemas contextualizados en la enseñanza de productos notables y factorización en los estudiantes de Décimo año de Educación General Básica de la Unidad Educativa Isabel Tobar durante el año lectivo 2021-2022* [tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. <http://hdl.handle.net/10644/9572>

- Da Silva, L. E., de Camargo, A. S. M., y Oliveira, P. C. (2021). Propuestas didácticas para la educación básica que implican el uso del material manipulativo Algeblocks. *Revista Chilena de Educación Matemática*, 13(2), 68-77. <https://doi.org/10.46219/rechiem.v13i2.51>
- De Hernández, I. M. D. L. y Ávila, Y. (2024). El álgebra geométrica como mediadora para fortalecer los procesos de factorización. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 4895-4912. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13937
- Díaz-Ferrer, Y., Cruz-Ramírez, M., Pérez-Pravia, M. C., y Ortiz-Cárdenas, T. (2020). El método criterio de expertos en las investigaciones educacionales: visión desde una muestra de tesis doctorales. *Revista Cubana de Educación Superior*, 39(1). <http://ref.scielo.org/fcdz9f>
- Flores Atusparia, F. V. y Salazar Yaipen, K. D. (2024). *Uso de material educativo concreto para mejorar la capacidad de resolución de problemas, en el área de matemáticas en los estudiantes del segundo grado de educación secundaria de la IE Agropecuario Yautan-2023* [Tesis de grado, Universidad nacional del Santa]. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4825>
- Fonseca Cuervo, C. A. (2021). *Las representaciones geométricas para la comprensión de los productos notables*. [tesis de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. https://redcol.mincien-cias.gov.co/Record/REPOUPTC2_5071ab83029a36da9b9829ccea19d78b/Details
- García Benedicto, E. (2024). *Materiales manipulativos en Matemáticas en Educación Secundaria*. [tesis de maestría, Universidad a Distancia de Madrid]. <http://hdl.handle.net/20.500.12226/2059>
- García-Lázaro, D., y Martín-Nieto, R. (2023). Competencia matemática y digital del futuro docente mediante el uso de GeoGebra. *ALTERIDAD. Revista de Educación*, 18(1), 85-98. <https://doi.org/10.17163/alt.v18n1.2023.07>
- Gañan Trejos, D. M. (2020). Diseño de un laboratorio virtual para la enseñanza y aprendizaje de la cinemática mediante el uso del software GeoGebra. *Números: revista de didáctica de las matemáticas*, 104, 147-169. https://scpm Luisbalbuena.org/revista_numeros/104/
- Gómez, F. J. C., Mariño, L. F., y Galán, C. A. P. (2023). Percepciones estudiantiles y uso de GeoGebra en la enseñanza de matemáticas: un análisis comparativo entre grados. *Revista Perspectivas*, 8(S1), 386-395. <https://doi.org/10.22463/25909215.4155>
- Guevara Fabián, R. D. P. (2021). Geogebra en el desarrollo de competencias matemáticas, en estudiantes de la institución educativa santa edelmira, Víctor Larco 2021. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 5168-5183. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.683
- Hernández Hechavarría, C. M., Arteaga Valdés, E., y del Sol Martínez, J. L. (2021). Utilización de los materiales didácticos digitales con el geogebra en la enseñanza de la matemática. *Conrado*, 17(79), 7-14. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1689>
- Jasso Oyervides, M. V., Arriaga Bueno, R. A., y Aguirre Padilla, A. D. (2024). El Método Mixto para la investigación social: Una alternativa integral para los estudios desde el Trabajo Social con Niños, Niñas y Adolescentes en movilidad. *Revista ACANITS Redes Temáticas en Trabajo Social*, 3(5), 8-36. <https://doi.org/10.62621/acanits-redes-t-ts.v3i5.56>
- Marín Quispe, H. V. (2023). *Material didáctico-concreto y resolución de problemas matemáticos en una institución educativa, Puno-2023*. [tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/128261>
- Meneses Falcón, M. C. (2022). El proyecto de investigación. La hoja de ruta de la investigación. *Revista Miscelánea Comillas*, 80(157). <https://doi.org/10.14422/mis.v80.i157.y2022.010>
- Payano, S. (5 de diciembre de 2023). ¿Qué se tomó en cuenta para la prueba de PISA en República Dominicana? Diario El Listín. <https://listindiario.com/la-republica/educacion/20231205/factores-claves-resultados-informe-pisa-republica-dominicana-785610.html>
- Peña Suárez, A. D. P. (2023). *Una secuencia didáctica para enseñar productos notables y factorización*. [tesis de maestría, Universidad Externado de Colombia]. <https://doi.org/10.57998/bdigital/handle.001.2040>
- Saavedra, J. C. M. (2020). Geogebra como herramienta de transformación educativa en Matemática. *Mamakuna*, (14), 70-81. <https://doi.org/10.70141/mamakuna.14.349>
- UNESCO (2021). *Estudio regional comparativo y explicativo 2019, reporte nacional de resultados República Dominicana*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000382944>
- Zamora García, J. L. (2023). *Propuesta didáctica basada en las metodologías activas a través del uso del software GeoGebra para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas* [tesis de maestría, Pontificia Universidad católica de ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b913bcd4-3665-45a5-a6a9-3294c1c51fb9/content>