

COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS Y LA ENSEÑANZA TRADICIONAL EN MATEMÁTICAS

NORIEL COSME TORIBIO
Universidad de Panamá.
noriel.cosmet@up.ac.pa
ORCID N° 0009-0004-7252-461X
DOI: 10.61209/re.v2i1.35

JULIO TRUJILLO GONZÁLEZ
Universidad de Panamá.
julio.trujillo@up.ac.pa
ORCID N° 0000-0002-3664-8058

Resumen.

Este estudio compara la eficacia del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la enseñanza tradicional en matemáticas. Se recopilaron y analizaron datos cuantitativos de estudiantes expuestos a ambos métodos de enseñanza. Los resultados de las pruebas de Mann-Whitney U indican que no hay diferencias significativas entre los dos grupos en ninguno de los indicadores de aprendizaje. Además, un análisis de componentes principales reveló que el reconocimiento de los conceptos matemáticos puede desarrollarse de manera independiente de las habilidades de aplicación práctica, razonamiento y resolución de problemas. Estos hallazgos sugieren que tanto el método tradicional como el ABP pueden ser efectivos para el desarrollo de competencias matemáticas.

Palabras Claves: Aprendizaje basado en proyectos, enseñanza tradicional, matemáticas

ABSTRACT.

This study compares the effectiveness of Project-Based Learning (PBL) and traditional teaching in mathematics. Quantitative data were collected and analyzed from students exposed to both teaching methods. The results of the Mann-Whitney U tests indicate that there are no significant differences between the two groups in any of the learning indicators. Additionally, a principal component analysis revealed that the recognition of mathematical concepts can develop independently of practical application skills, reasoning, and problem-solving abilities. These findings suggest that both traditional and PBL methods can be effective for the development of mathematical competencies.

Key Words: Project based learning, traditional teaching, mathematics

Introducción.

La educación matemática contemporánea se centra en el desarrollo de competencias específicas en cada nivel educativo, con el objetivo de equipar a los estudiantes con las habilidades necesarias para abordar problemas en diversos contextos (OECD, 2019). Este enfoque es particularmente relevante en el campo de la ingeniería, donde la matemática no solo proporciona una base sólida para otras disciplinas, sino que también es fundamental para explicar y modelar fenómenos del mundo real (Mustoe, 2002).

En la búsqueda de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, se han explorado diversas metodologías educativas. Una de las más prometedoras es el aprendizaje basado en proyectos (ABP), que ha demostrado ser efectivo en una variedad de disciplinas, incluyendo la matemática (Bell, 2010).

Uno de los desafíos en la enseñanza de la matemática es la falta de contextualización de los conceptos, lo que puede dificultar el aprendizaje significativo (Valle, Cabanach & Rodríguez, 2006). Los estudiantes a menudo perciben que lo que aprenden en matemática tiene poco que ver con sus vidas y sus intereses, y ven los conceptos matemáticos como abstractos y desconectados de la realidad (Benjumeda, 2016). Para superar este desafío, es esencial relacionar la enseñanza de la matemática con el mundo real, dándole un sentido y una utilidad a los conceptos enseñados.

El ABP se presenta como una solución a este problema. Según el Buck Institute of Education (2003), el ABP es un método de enseñanza que involucra a los estudiantes en el aprendizaje de conocimientos y habilidades a través de un proceso extendido de indagación, estructurado alrededor de preguntas complejas y auténticas, tareas y productos cuidadosamente diseñados. Esta metodología se ajusta a los objetivos de aprendizaje que se buscan en los cursos de cálculo integral, ya que permite a los estudiantes aplicar los conceptos matemáticos a problemas del mundo real.

En el ABP, los estudiantes toman un papel activo en su aprendizaje, definiendo el propósito de un producto final, investigando la temática, creando un plan de gestión del proyecto y diseñando y elaborando un producto (Mettas & Constantinou, 2007). Este enfoque fomenta la colaboración y la resolución de problemas, habilidades esenciales en un mundo cada vez más tecnológico y colaborativo.

En contraste con la enseñanza tradicional de la matemática, donde el profesor es el principal actor, en el ABP el profesor actúa como un facilitador, y los estudiantes toman el control de su aprendizaje. Este enfoque es particularmente relevante en la formación de ingenieros, ya que fomenta la creatividad y la capacidad de aplicar la matemática a diversas disciplinas. El cálculo integral es una herramienta crucial en la formación de los futuros ingenieros, ya que proporciona los fundamentos para comprender las ecuaciones diferenciales, que son esenciales para modelar, observar y resolver problemas (Anton, Bivens & Davis, 2002). Por lo tanto, es esencial buscar estrategias y modelos didácticos que faciliten un aprendizaje efectivo de las técnicas de integración clásicas: sustitución, por partes, por fracciones parciales y sustitución trigonométrica.



La educación matemática contemporánea se centra en el desarrollo de competencias específicas en cada nivel educativo, con el objetivo de equipar a los estudiantes con las habilidades necesarias para abordar problemas en diversos contextos (OECD, 2019). Este enfoque es particularmente relevante en el campo de la ingeniería, donde la matemática no solo proporciona una base sólida para otras disciplinas, sino que también es fundamental para explicar y modelar fenómenos del mundo real (Mustoe, 2002). En la búsqueda de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, se han explorado diversas metodologías educativas. Una de las más prometedoras es el aprendizaje basado en proyectos (ABP), que ha demostrado ser efectivo en una variedad de disciplinas, incluyendo la matemática (Bell, 2010). Uno de los desafíos en la enseñanza de la matemática es la falta de contextualización de los conceptos, lo que puede dificultar el aprendizaje significativo (Valle, Cabanach & Rodríguez, 2006). Los estudiantes a menudo perciben que lo que aprenden en matemática tiene poco que ver con sus vidas y sus intereses, y ven los conceptos matemáticos como abstractos y desconectados de la realidad (Benjumeda, 2016). Para superar este desafío, es esencial relacionar la enseñanza de la matemática con el mundo real, dándole un sentido y una utilidad a los conceptos enseñados.

El ABP se presenta como una solución a este problema. Según el Buck Institute of Education (2003), el ABP es un método de enseñanza que involucra a los estudiantes en el aprendizaje de conocimientos y habilidades a través de un proceso extendido de indagación, estructurado alrededor de preguntas complejas y auténticas, tareas y productos cuidadosamente diseñados. Esta metodología se ajusta a los objetivos de aprendizaje que se buscan en los cursos de cálculo integral, ya que permite a los estudiantes aplicar los conceptos matemáticos a problemas del mundo real.

En el ABP, los estudiantes toman un papel activo en su aprendizaje, definiendo el propósito de un producto final, investigando la temática, creando un plan de gestión del proyecto y diseñando y elaborando un producto (Mettas & Constantinou, 2007). Este enfoque fomenta la colaboración y la resolución de problemas, habilidades esenciales en un mundo cada vez más tecnológico y colaborativo. En contraste con la enseñanza tradicional de la matemática, donde el profesor es el principal actor, en el ABP el profesor actúa como un facilitador, y los estudiantes toman el control de su aprendizaje. Este enfoque es particularmente relevante en la formación de ingenieros, ya que fomenta la creatividad y la capacidad de aplicar la matemática a diversas disciplinas.

El cálculo integral es una herramienta crucial en la formación de los futuros ingenieros, ya que proporciona los fundamentos para comprender las ecuaciones diferenciales, que son esenciales para modelar, observar y resolver problemas (Anton, Bivens & Davis, 2002). Por lo tanto, es esencial buscar estrategias y modelos didácticos que faciliten un aprendizaje efectivo de las técnicas de integración clásicas: sustitución, por partes, por fracciones parciales y sustitución trigonométrica.

Método

Tipo de Investigación

Esta investigación se clasifica como cuantitativa, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar la eficacia de dos métodos de enseñanza de matemáticas en la educación de ingeniería: el método tradicional y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

Diseño de la Investigación

El estudio emplea un diseño de investigación comparativo, donde se contrastan dos grupos independientes de estudiantes expuestos a diferentes métodos de enseñanza. El primer grupo, compuesto por estudiantes del año 2021, fue enseñado usando el método tradicional, mientras que el segundo grupo, formado por estudiantes del año 2022, fue enseñado usando el método ABP.

Población y Muestra

La población de este estudio está compuesta por estudiantes de tres carreras de ingeniería (Ingeniería en Edificaciones, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería de Infraestructura) en los años 2021 y 2022.

La muestra fue seleccionada de manera aleatoria entre los estudiantes de estas carreras y años, asegurando una representación equitativa de cada carrera y método de enseñanza. Se recomienda que la muestra sea lo suficientemente grande para permitir un análisis estadístico robusto.

Variables

Las variables independientes en este estudio son el método de enseñanza (tradicional vs. ABP).

Las variables dependientes son las puntuaciones obtenidas en los cuatro indicadores de aprendizaje: A. Reconoce, B. Aplica, C. Resuelve, D. Concluye. Cada uno de estos indicadores se mide en una escala de 0 a 10.

Análisis de Datos

Los datos fueron analizados utilizando técnicas estadísticas apropiadas para datos no paramétricos, dado que los indicadores no siguen una distribución normal. Primero, se realiza un análisis descriptivo para obtener una visión general de los datos. Este análisis incluye medidas de tendencia central (mediana) y de dispersión (rango intercuartil) para cada uno de los indicadores en ambas poblaciones. Para comparar las medias de los dos grupos en cada indicador, se utilizò la prueba de Mann-Whitney U en lugar de la prueba t de Student. Esta prueba es una alternativa no paramétrica a la prueba t de Student que no asume normalidad en los datos.

Además, se realiza un análisis de correlación de Spearman para cada método de enseñanza para evaluar la correlación entre los indicadores. A diferencia del coeficiente de correlación de Pearson, el coeficiente de correlación de Spearman no asume una relación lineal entre las variables y es más robusto ante la presencia de outliers.

Finalmente, se evalúa un PCA para determinar cómo se relaciona los indicadores entre sí.

Resultados

Tabla 1.

Medidas de tendencia central (mediana) y dispersión (rango intercuartil) para cada uno de los indicadores

Resultados

Tabla 1.

Medidas de tendencia central (mediana) y dispersión (rango intercuartil) para cada uno de los indicadores

Tabla 1.

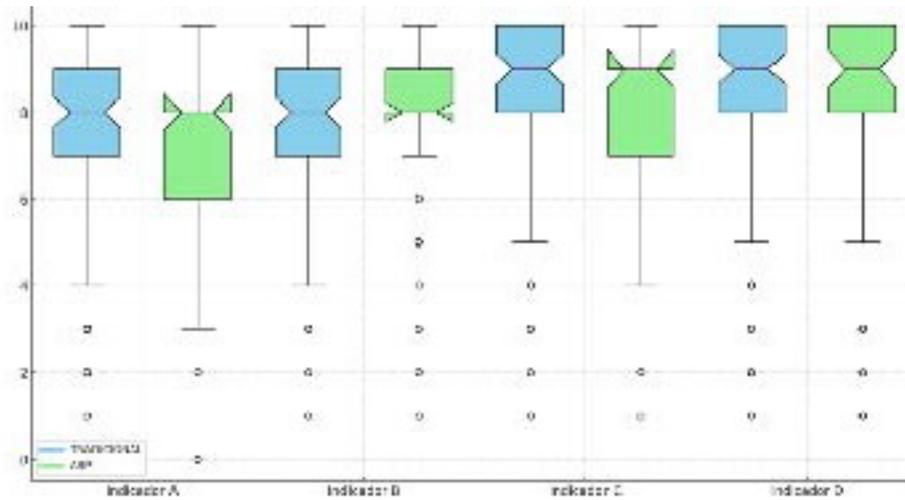
Medidas de tendencia central (mediana) y dispersión (rango intercuartil) para cada uno de los indicadores

| Metodología | Indicador A | Indicador B | Indicador C | Indicador D |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| TRADICIONAL | 8.0 / 2.0 | 8.0 / 2.0 | 9.0 / 2.0 | 9.0 / 2.0 |
| ABP | 8.0 / 2.0 | 8.0 / 1.0 | 9.0 / 2.0 | 9.0 / 2.0 |

Cada celda de la tabla contiene la mediana y el rango intercuartil para el indicador correspondiente, en el formato "mediana / rango intercuartil". Basándonos en las medidas de tendencia central (mediana), dispersión (rango intercuartil), y los gráficos de caja (Figura 1) para cada uno de los indicadores en las metodologías "ABP" y "TRADICIONAL", podemos observar lo siguiente:

- **Mediana:** Las medianas de los indicadores para ambas metodologías son bastante similares. Esto sugiere que la "mitad del camino" o el punto medio de los datos para cada indicador es similar, independientemente de la metodología.
- **Rango intercuartil:** Los rangos intercuartílicos (IQRs) de los indicadores para ambas metodologías también son bastante similares. El IQR es una medida de dispersión que nos dice cuán dispersos están los datos alrededor de la mediana. Un IQR similar indica que la dispersión de los datos alrededor de la mediana es similar para ambas metodologías.
- **Gráficos de caja:** Los gráficos de caja también corroboran estas observaciones. Las cajas, que representan el IQR, son de tamaños similares para la mayoría de los indicadores en ambas metodologías, y las medianas están aproximadamente en las mismas posiciones. Además, no hay una gran cantidad de valores atípicos en ninguno de los indicadores para ambas metodologías.

Figura 1.
Indicadores en las metodologías ABP y Tradicional



Los resultados de la prueba de Mann-Whitney U para cada indicador:

- Indicador A: Estadístico U = 1931.5, valor p = 0.32
- Indicador B: Estadístico U = 2133.0, valor p = 0.95
- Indicador C: Estadístico U = 1904.0, valor p = 0.26
- Indicador D: Estadístico U = 2160.0, valor p = 0.95

El valor p es una medida de la probabilidad de que las diferencias observadas entre los grupos se deban al azar. Un valor p menor que 0.05 generalmente se interpreta como una indicación de que las diferencias son estadísticamente significativas.

En este caso, todos los valores p son mayores que 0.05. Esto sugiere que no hay una diferencia significativa entre los grupos "ABP" y "TRADICIONAL" en ninguno de los indicadores, de acuerdo con la prueba de Mann-Whitney U.

Figura 2.
Biplot de los indicadores

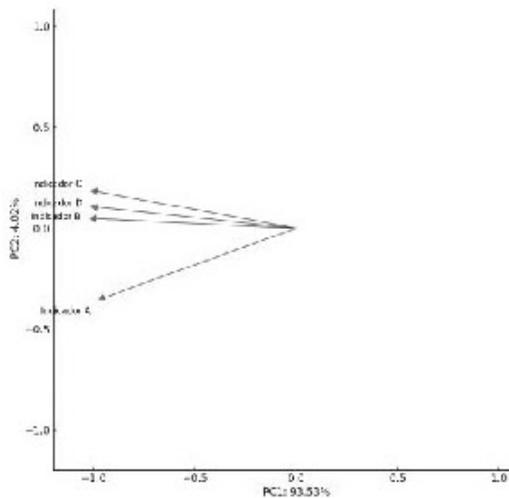


Figura 2.
Biplot de los indicadores

El análisis de componentes principales (PCA) proporciona una visión interesante de cómo se distribuyen los indicadores de aprendizaje. Según estos hallazgos, los indicadores de Aplicación Práctica (INDICADOR B), Razonamiento (INDICADOR D) y Resolución de Problemas (INDICADOR C) se agrupan, lo que sugiere que estos aspectos del aprendizaje están estrechamente relacionados. En otras palabras, los estudiantes que muestran fuertes habilidades en la aplicación práctica de los conceptos matemáticos también tienden a demostrar un buen razonamiento y habilidades para resolver problemas.

Por otro lado, el indicador de Reconocimiento (INDICADOR A) se separa de los otros tres, lo que indica que este aspecto del aprendizaje es distinto de los otros. Esto no significa necesariamente que el reconocimiento del tema no sea necesario para resolver los problemas. Más bien, sugiere que el reconocimiento de los conceptos matemáticos es una habilidad que puede desarrollarse de manera independiente de las habilidades de aplicación práctica, razonamiento y resolución de problemas.

Es importante recordar que estos resultados son específicos para nuestra muestra de estudiantes y pueden no generalizarse a todos los estudiantes de matemáticas. Además, aunque el PCA puede revelar patrones interesantes en los datos, no puede determinar relaciones causales. Por lo tanto, aunque estos resultados sugieren que el reconocimiento del tema puede no estar fuertemente asociado con la capacidad de resolver problemas, no podemos concluir que el reconocimiento del tema no sea necesario para resolver problemas.

Conclusiones

En este estudio, se evaluó la eficacia de dos métodos de enseñanza de matemáticas, el método tradicional y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), a través de la recopilación y análisis de datos cuantitativos. Los resultados de las pruebas de Mann-Whitney U indican que no hay diferencias significativas entre los dos grupos en ninguno de los indicadores de aprendizaje. Esto sugiere que ambos métodos de enseñanza pueden ser igualmente efectivos para el desarrollo de competencias matemáticas en los estudiantes. Además, el análisis de componentes principales (PCA) reveló que los indicadores de Aplicación Práctica, Razonamiento y Resolución de Problemas están estrechamente relacionados, mientras que el indicador de Reconocimiento se separa de los otros tres. Esto sugiere que el reconocimiento de los conceptos matemáticos puede desarrollarse de manera independiente de las habilidades de aplicación práctica, razonamiento y resolución de problemas.

Estos hallazgos tienen implicaciones significativas para la enseñanza de las matemáticas. En primer lugar, indican que tanto el método tradicional como el ABP pueden ser efectivos para el desarrollo de competencias matemáticas, lo que proporciona a los educadores una mayor flexibilidad en la elección de la metodología de enseñanza. En segundo lugar, sugieren que el reconocimiento de los conceptos matemáticos es una habilidad que puede necesitar ser enseñada y evaluada de manera separada de las habilidades de aplicación práctica, razonamiento y resolución de problemas.

Es importante destacar que estos resultados son específicos para nuestra muestra de estudiantes y pueden no ser generalizables a todos los estudiantes de matemáticas. Además, aunque el PCA puede revelar patrones interesantes en los datos, no puede determinar relaciones causales. Por lo tanto, aunque nuestros resultados sugieren que el reconocimiento del tema puede no estar fuertemente asociado con la capacidad de resolver problemas, no podemos concluir que el reconocimiento del tema no sea necesario para resolver problemas. Se necesitan más investigaciones para explorar estas relaciones en mayor profundidad.

Referencias

- Anton, H., Bivens, I., & Davis, S. (2002). *Cálculo*. John Wiley & Sons.
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House*, 83(2), 39-43.
- Benjumedá, A. (2016). La enseñanza de las matemáticas en el contexto actual. *Revista de Educación*, 371, 11-34.
- Buck Institute of Education. (2003). *Project Based Learning Handbook*. Buck Institute for Education.
- Mettas, A., & Constantinou, C. (2007). The technology fair: a project-based learning approach for enhancing problem solving skills and interest in design and technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 17(3), 257-274.
- Mustoe, L. (2002). Mathematics in engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 27(3), 237-240.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD Publishing.
- Valle, A., Cabanach, R. G., & Rodríguez, S. (2006). Metas académicas, estrategias cognitivas y estrategias de autorregulación del estudio. *Psicothema*, 18(3), 471-477.

