

Impacto del uso de MATLAB en el aprendizaje significativo de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias en estudiantes de Ingeniería Ambiental

Impact of using MATLAB on meaningful learning of Ordinary Differential Equations in Environmental Engineering students

Impacto do MATLAB na aprendizagem significativa de equações diferenciais ordinárias em estudantes de engenharia ambiental

Ely Oliver Guardia Jara

oguardia@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-7210-4843>
Universidad Nacional Agraria La Molina,
Lima, Perú

Florencio Flores Ccanto

fflores@une.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-5600-9854>
Universidad Nacional de Educación
Enrique Guzmán y Valle, Lima, Perú

Carmen Oly Elisa Soria Mendo

carmensoria@lamolina.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-2807-5218>
Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

RESUMEN:

El propósito del estudio fue evaluar el impacto del uso del software MATLAB en el aprendizaje significativo de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias en estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Agraria La Molina durante el año 2022. Se empleó un diseño cuasiexperimental con la participación de 40 estudiantes seleccionados de manera no probabilística, distribuidos en dos grupos: uno experimental (20) y otro de control (20). Los instrumentos utilizados fueron cuestionario y escala que se aplicó a ambos grupos en dos momentos (pretest y postest). Los datos obtenidos fueron analizados mediante técnicas estadísticas descriptivas y comparativas. Los resultados del postest mostraron que el grupo experimental alcanzó una media superior en comparación con el grupo de control. El análisis de las hipótesis, realizado mediante la prueba t-Student, mostró un p-valor de 0.00, que es inferior al nivel de significancia de 0.05, lo que indica una diferencia significativa. En conclusión, el uso del software MATLAB tuvo un impacto positivo y significativo en el aprendizaje de ecuaciones diferenciales ordinarias en estudiantes de Ingeniería Ambiental.

ABSTRACT:

The purpose of the study was to evaluate the impact of the use of MATLAB software on the meaningful learning of Ordinary Differential Equations in Environmental Engineering students at the National Agrarian University La Molina during the year 2022. A quasi-experimental design was used with the participation of 40 students selected in a non-probabilistic manner, distributed in two groups: one experimental (20) and one control (20). The instruments used were a questionnaire and a scale that was applied to both groups at two times (pretest and posttest). The data obtained were analyzed using descriptive and comparative statistical techniques. The results of the posttest showed that the experimental group achieved a higher average compared to the control group. The analysis of the hypotheses, carried out using the t-Student test, showed a p-value of 0.00, which is lower than the significance level of 0.05, indicating a significant difference. In conclusion, the use of MATLAB software had a positive and significant impact on the learning of ordinary differential equations in Environmental Engineering students.

RESUMO:

O objetivo do estudo foi avaliar o impacto do uso do software MATLAB na aprendizagem significativa de Equações Diferenciais Ordinárias em alunos de Engenharia Ambiental da Universidade Nacional Agrária La Molina durante o ano de 2022. Foi utilizado um delineamento quase experimental com a participação de 40 alunos selecionados de forma não probabilística, distribuídos em dois grupos: um experimental (20) e um controle (20). Os instrumentos utilizados foram um questionário e uma escala que foram aplicados a ambos os grupos em dois momentos (pré-teste e pós-teste). Os dados obtidos foram analisados por meio de técnicas estatísticas descritivas e comparativas. Os resultados do pós-teste mostraram que o grupo experimental obteve uma média maior em comparação ao grupo controle. A análise das hipóteses, realizada pelo teste t de Student, apresentou valor de p igual a 0,00, valor inferior ao nível de significância de 0,05, indicando diferença significativa. Concluindo, o uso do software MATLAB teve um impacto positivo e significativo na aprendizagem de equações diferenciais ordinárias em estudantes de Engenharia Ambiental.

PALABRAS CLAVE:

MATLAB, aprendizaje significativo, ecuación diferencial ordinaria.

KEYWORDS:

MATLAB, meaningful learning, ordinary differential equation.

PALAVRAS-CHAVE:

MATLAB, aprendizagem significativa, equação diferencial ordinária.

Recibido: 12/09/2024 - Aceptado: 11/03/2025 - Publicado: 30/04/2025

Introducción

El estudio de las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias es esencial en ciencias e ingeniería. Una ecuación diferencial que involucra solo derivadas ordinarias de una o más variables dependientes con respecto a una sola variable independiente se denomina Ecuación Diferencial Ordinaria (EDO). Estas ecuaciones permiten comprender y modelar fenómenos dinámicos, en particular en ciencias ambientales es fundamental para predecir procesos como el cambio climático, la dispersión de contaminantes y la dinámica de los ecosistemas. A pesar de su relevancia, muchos estudiantes de ingeniería perciben las EDOs como abstractas y complejas, lo que obstaculiza su comprensión y aplicación en la resolución de problemas reales. Esta percepción se ve reforzada por la metodología tradicional de enseñanza que está centrada en el docente y basado en clases magistrales.

En la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), la asignatura de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias es clave dentro del plan de estudios de Ingeniería Ambiental. Sin embargo, la metodología actual presenta limitaciones en su efectividad para generar un aprendizaje significativo en los estudiantes, lo que dificulta el desarrollo de competencias prácticas necesarias para enfrentar problemas ambientales complejos.

En este contexto, la incorporación de herramientas computacionales como el software MATLAB representa una alternativa innovadora en el proceso de enseñanza- aprendizaje de EDOs. MATLAB es un entorno interactivo y un lenguaje de programación ampliamente utilizado en ciencias e ingenierías. Entre sus múltiples funciones, se destaca su capacidad para resolver y visualizar soluciones de EDOs, lo que facilita a los estudiantes la comprensión de conceptos abstractos mediante simulaciones y representaciones gráficas.

El aprendizaje significativo, según la teoría de David Ausubel, se refiere a un proceso de modificación y construcción del conocimiento que se da cuando la nueva información interactúa de manera sustantiva y no arbitraria con la estructura cognitiva existente del estudiante (Ausubel et al., 1983). Esta teoría destaca que el aprendizaje no es un simple almacenamiento de datos aislados, sino una integración activa que permite al individuo comprender y aplicar el conocimiento de manera más efectiva.

Por su parte, Moreira (1999b) define el aprendizaje significativo como un proceso mediante el cual el sujeto establece conexiones relevantes y sustanciales entre la nueva información y los aspectos ya presentes en su estructura cognitiva. Esta relación no es superficial, sino que implica una interacción profunda que transforma y enriquece tanto el conocimiento existente como el nuevo.

Siguiendo los principios del aprendizaje significativo propuestos por Ausubel, y en el contexto específico de las EDOs, el aprendizaje significativo de estas ecuaciones se puede definir como el proceso en el que los estudiantes adquieren una comprensión profunda y sustantiva (y no superficial) de los conceptos, principios y técnicas asociados a las EDOs, integrando esta comprensión de manera significativa en su estructura cognitiva. Este enfoque implica que los estudiantes no solo adquieran conocimientos superficiales o memoricen procedimientos de resolución de problemas, sino que también sean capaces de relacionar los conceptos aprendidos con su experiencia previa, con otros conocimientos y con aplicaciones prácticas en diversos campos.

Diversas investigaciones han explorado la influencia del uso de MATLAB en el aprendizaje de las matemáticas básicas. Pernalet (2010) determinó que el uso de MATLAB fomenta el desarrollo del conocimiento matemático en estudiantes universitarios, mientras que Dullius (2009) concluyó que el uso de recursos computacionales facilita el aprendizaje significativo a través de la interacción entre estudiantes y profesores. Gutiérrez (2019) y Mogrovejo (2017) también encontraron que MATLAB mejora el desempeño académico en cursos de cálculo integral y métodos numéricos. Finalmente, Pantoja (2015), demostró que las herramientas tecnológicas tienen un impacto significativo en el rendimiento académico de los estudiantes en cálculo vectorial.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el impacto del uso del software MATLAB en el aprendizaje significativo de ecuaciones Diferenciales Ordinarias en estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2022, comparando su efectividad con el método tradicional de enseñanza. La hipótesis que se plantea es que el uso de software MATLAB impacta significativamente en el aprendizaje de EDOs en estudiantes de Ingeniería Ambiental de la UNALM, facilitando la comprensión y aplicación práctica de estos conceptos en el ámbito ambiental. Este enfoque busca contribuir al desarrollo de metodologías educativas más dinámicas y efectivas en la enseñanza de las ecuaciones diferenciales.

Metodología

Diseño

El diseño de la investigación fue cuasiexperimental que involucró la participación de dos grupos: uno experimental y otro de control. Según Hernández y Mendoza (2018), en este tipo de metodologías, los participantes no son asignados aleatoriamente a los grupos ni emparejados; más bien, estos grupos ya están definidos antes del experimento, son grupos intactos, lo que indica que su composición y razón de existencia no están influenciadas por el experimento.

En el presente estudio se analiza la relación entre dos variables: el uso de software MATLAB, como variable independiente, y el aprendizaje significativo de EDOs como variable dependiente (medido como la diferencia entre las puntuaciones obtenidas por cada grupo en el pretest y postest). Siguiendo el planteamiento de Díaz Barriga y Hernández (2010), para la variable dependiente se consideró tres dimensiones: a) Aprendizaje conceptual (D1). Comprensión de los conceptos teóricos. b) Aprendizaje procedimental (D2). Aplicación de procedimientos y resolución de problemas. c) Aprendizaje actitudinal (D3). Cambios en las actitudes o predisposición hacia el tema.

Participantes

La muestra estuvo conformada por 40 estudiantes matriculados en la asignatura de EDOs del cuarto ciclo de la carrera de Ingeniería Ambiental en la UNALM durante el semestre 2022-II. Estos estudiantes fueron distribuidos de manera no probabilística en dos grupos, G y H, cada uno compuesto por 20 estudiantes con edades homogéneas (entre 18 y 20 años), según los datos proporcionados por la oficina de estudios. Estos grupos fueron asignados como grupo experimental y grupo de control, respectivamente. Todos los estudiantes estaban inscritos en la materia por primera vez y habían asistido a las clases teóricas impartidas por el mismo docente. Para evitar posibles sesgos, se contó con la colaboración de otro docente, quien observó el desarrollo de las clases en el aula a lo largo del semestre.

Instrumento

Se utilizó un cuestionario (test) tanto antes como después del experimento, el cual fue administrado a los grupos de control y experimental. Los tests fueron diseñados por el investigador e incluyeron 10 preguntas por cada dimensión del aprendizaje, sumando un total de 30 preguntas que miden el aprendizaje significativo de EDOs. Para la evaluación, los primeros 20 ítems ofrecieron dos opciones de respuesta: Correcto (1) o Incorrecto (0), mientras que los 10 restantes emplearon una escala medida en escala Likert de 5 puntos, que va desde totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo.

La validez del contenido se realizó mediante juicio de expertos, obteniendo un resultado del 84%, lo que indica una muy buena validez. La confiabilidad del instrumento se evaluó utilizando el estadístico Kuder-Richardson (KR-20) en una muestra piloto de 10 estudiantes, resultando en un valor de 0.804 que indica, según George y Mallery (2003), una buena confiabilidad del instrumento.

Procedimientos

Con los grupos constituidos de manera no probabilística e intencional por la oficina de estudios, se iniciaron las actividades académicas. La asignatura de EDOs se impartió a lo largo de dieciséis semanas, siguiendo el cronograma establecido por la oficina de estudios. Durante este período, se programaron clases teóricas y prácticas para abordar los conceptos y aplicaciones de EDOs. Las clases prácticas, que se realizaron en el laboratorio de cómputo, tuvieron una duración de dos horas semanales, mientras que las clases teóricas se dividieron en dos sesiones: una de 2 horas y otra de 1 hora, también semanales. En estas sesiones, se buscó que los estudiantes aplicaran los conocimientos adquiridos en las clases teóricas, profundizando en los conceptos mediante ejercicios prácticos.

En la primera sesión de la semana 1, se presentó el plan del curso y se explicó detalladamente cómo se llevaría a cabo el trabajo, los sistemas que se utilizarían y los criterios de evaluación. Además, se recordaron las instrucciones relacionadas con la asistencia, puntualidad y los métodos de evaluación para cada sesión. En la segunda sesión, se aplicó un cuestionario preliminar (pretest) a ambos grupos antes de comenzar a trabajar con MATLAB, en sus respectivos horarios y aulas asignadas. En la tercera sesión, se brindó al grupo experimental una introducción al uso de MATLAB para asegurar que el programa no fuera un obstáculo en su proceso de aprendizaje.

A partir de la segunda semana, el grupo de control continuó con el enfoque tradicional de enseñanza, mientras que el grupo experimental recibió instrucción sobre EDOs utilizando MATLAB durante el periodo experimental. Antes de concluir la décimo quinta semana, en la clase práctica, se administró un test (postest) a ambos grupos, en sus respectivos horarios y aulas, con el mismo formato y las mismas preguntas que el pretest, con el objetivo de evaluar el nivel de aprendizaje significativo alcanzado.

Resultados

Los estudiantes de ambos grupos respondieron el test. Los resultados se presentan en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3. Para el análisis estadístico, se empleó el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) en su versión 25.0.

Estadísticos descriptivos

Según se observa en la Tabla 1, en el pretest la media del grupo de control es ligeramente superior, mientras que en el postest (después del uso de MATLAB), la media del grupo experimental muestra una mejora, superando notablemente a la del grupo de control.

Tabla 1
Resultados generales de los test en el aprendizaje significativo de EDO

	Pretest		Postest	
	Experimental(G)	Control(H)	Experimental(G)	Control (H)
Media	5,30	5,60	15,15	11,15
Mediana	5,00	6,00	15,00	1150
Varianza	4,958	1,937	3,082	3,397
Desv. Típica	2,227	1,392	1,755	1,843
Rango	7	5	6	7

Los resultados de la Tabla 2 comparan los cambios entre el pretest y postest de ambos grupos, destacando que las medidas de tendencia central muestran resultados favorables para el grupo experimental.

Tabla 2
Diferencias entre el pretest y el postest

	Experimental (G)	Control (H)
Media	9,85	5,55
Mediana	10,00	6,00
Varianza	1,503	4,261
Desv. Típica	1,226	2,064
Rango	5	8

En la Tabla 3 se muestran los resultados de las variaciones entre el pretest y postes por dimensión. Se destaca que las medidas centrales del grupo experimental superan a las del grupo de control.

Tabla 3
Resultados segmentados por dimensiones del test

	Pretest						Postest					
	Experimental (G)			Control (H)			Experimental (G)			Control (H)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Media	4,75	0,55	31,10	4,85	0,75	30,85	7,70	7,45	37,40	6,35	4,80	32,45
Mediana	5,00	0,00	31,00	5,00	0,00	31,00	8,00	8,00	37,00	6,00	5,00	33,00
Varianza	3,566	0,471	5,358	1,924	1,145	6,555	0,642	1,524	3,937	1,082	2,484	6,261
Desv. Típ	1,888	0,686	2,315	1,387	1,070	2,560	0,801	1,234	1,984	1,040	1,576	2,502
Rango	7	2	8	4	3	8	3	4	7	3	5	9

Análisis de los datos

Después de recopilar los datos y presentar los resultados generales, se procede a examinarlos y realizar un análisis estadístico para validar o rechazar las hipótesis iniciales. Para evaluar la normalidad de las muestras (menos de 50 casos), como se muestra en la Tabla 4, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk que determina el valor del estadístico $p = \text{Sig.}$. Si en cada prueba el valor de p no supera 0.05 (dado el nivel de significación en 5%), se concluye que la muestra no sigue una distribución normal. En este caso, todos los valores de p obtenidos son mayores que 0.05; por consiguiente, se puede afirmar que la muestra se ajusta a una distribución normal.

Tabla 4
Prueba de normalidad

Test		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	GI	Sig.
Pretest	Experimental	0,929	20	0.151
	Control	0,928	20	0.139
Posttest	Experimental	0,947	20	0.323
	Control	0,934	20	0.185

A continuación, se comprobó que la división realizada en grupos control y experimental es homogénea. Para esto se utilizó la prueba de Levene de igualdad de varianzas.

Tabla 5
Prueba de Levene de Pretest

		Prueba de Levene	
		F	Sig.
Aprendizaje Significativo	Se asumen varianzas iguales	3.843	0.075
	No se asumen varianzas iguales		

De la Tabla 5, se observa que la significancia del test de Levene (Sig.) es mayor que 0.05, lo que indica que se asumen varianzas iguales. Dado que las muestras cumplen con los criterios de normalidad y homogeneidad de varianza, se optó por emplear la prueba paramétrica, t-Student para probar las hipótesis planteadas.

Prueba de hipótesis

Las hipótesis a contrastar fueron: Hipótesis general (H_G): El uso del software MATLAB impacta significativamente en el aprendizaje significativo de EDOs en estudiantes de Ingeniería Ambiental de la UNALM, 2022. Hipótesis específica (H_{e1}): El uso del software MATLAB impacta significativamente en el aprendizaje conceptual de EDOs en estudiantes de Ingeniería Ambiental de la UNALM, 2022. Hipótesis específica (H_{e2}): El uso del software MATLAB impacta significativamente en el aprendizaje procedimental de EDOs en estudiantes de Ingeniería Ambiental de la UNALM, 2022. Hipótesis específica (H_{e3}): El uso del software MATLAB impacta significativamente en el aprendizaje actitudinal de EDOs en estudiantes de Ingeniería Ambiental de la UNALM, 2022.

Formulación de hipótesis estadísticas para H_G

Hipótesis nula (H_0): No existe una diferencia significativa en el aprendizaje significativo de EDOs entre los estudiantes que utilizan MATLAB y los que no lo utilizan. Hipótesis alternativa (H_1): Existe una diferencia significativa en el aprendizaje significativo de EDOs entre los estudiantes que utilizan MATLAB y los que no lo utilizan.

Tabla 6
Prueba t para muestras independientes del postest de los grupos control y experimental

	T	GI	Sig. Bilateral	Diferencia de medias	IC95%	
					Inferior	Superior
Postest	7,028	38	0.000	4,000	2,848	5,152

La información recopilada en la Tabla 1, la Tabla 5 y los análisis estadísticos de la Tabla 6 presentan la comparativa entre el grupo de control y el grupo experimental antes y después de la utilización del software MATLAB. Los resultados en la condición Pretest indican una diferencia de medias de 0,30, que es mínima debido a que ambos grupos son homogéneos; pero después del uso del software MATLAB (postest) se observa una diferencia de medias de 4,00 a favor del grupo experimental. El análisis con la prueba t-Student revela un p-valor de 0.00, que es menor que 0.05 nivel de significación establecido. Esto indica que existe una diferencia estadísticamente significativa a favor del grupo experimental en el aprendizaje significativo de EDOs. De esta manera, se descarta la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1); esto implica que el uso de MATLAB conduce a un rendimiento académico notablemente mejorado en el grupo experimental en comparación con el grupo de control. Por lo tanto, se concluye que el uso de MATLAB tiene un impacto significativo en el aprendizaje de EDOs en estudiantes de Ingeniería Ambiental.

Formulación de hipótesis estadísticas para H_{e1}

Hipótesis nula (H_0): No existe una diferencia significativa en el aprendizaje conceptual de EDOs entre los estudiantes que utilizan MATLAB y los que no lo utilizan. Hipótesis alternativa (H_1): Existe una diferencia significativa en el aprendizaje conceptual de EDOs entre los estudiantes que utilizan MATLAB y los que no lo utilizan.

Tabla 7
Prueba t para muestras independientes del postest de los grupos control y experimental

	T	GI	Sig. bilateral	Diferencia de medias	IC95%	
					Inferior	Superior
Postest	4,599	38	0.000	1,350	0,756	1,944

La información recopilada en la Tabla 3 y los estudios estadísticos de la Tabla 7 presentan la comparación entre los grupos control y experimental después de la utilización del software MATLAB para la dimensión D1. Los resultados indican una diferencia de medias de 1,35 a favor del grupo experimental. El análisis con la prueba t-Student revela un p-valor de 0.00 que es menor a 0.05 nivel de significación establecido. Esto indica que existe una diferencia estadísticamente significativa a favor del grupo experimental en el aprendizaje conceptual de EDOs. De esta manera, se descarta la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1); esto implica que el uso de MATLAB conduce a un rendimiento académico notablemente mejorado en el grupo experimental en comparación con el grupo de control. Por lo tanto, se concluye que el uso de MATLAB tiene un impacto significativo en el aprendizaje conceptual de EDOs en estudiantes de Ingeniería Ambiental.

Formulación de hipótesis estadísticas para H_{e2}

Hipótesis nula (H_0): No existe una diferencia significativa en el aprendizaje procedimental de EDOs entre los estudiantes que utilizan MATLAB y los que no lo utilizan. Hipótesis alternativa (H_1): Existe una diferencia significativa en el aprendizaje procedimental de EDOs entre los estudiantes que utilizan MATLAB y los que no lo utilizan.

Tabla 8*Prueba t para muestras independientes del postest de los grupos control y experimental*

	T	GI	Sig. Bilateral	Diferencia de medias	IC95%	
					Inferior	Superior
Postest	5,920	38	0.000	2,650	1,744	3,566

La información recopilada en la Tabla 3 y los estudios estadísticos de la Tabla 8 presentan la comparación entre los grupos control y experimental después de la utilización del software MATLAB para la dimensión D2. Los resultados indican una diferencia de medias de 2,650 a favor del grupo experimental. El análisis con la prueba t-Student revela un p-valor de 0.00 que es menor a 0.05 nivel de significación establecido. Esto indica que existe una diferencia estadísticamente significativa a favor del grupo experimental en el aprendizaje conceptual de EDOs. De esta manera, se descarta la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1); esto implica que el uso de MATLAB conduce a un rendimiento académico notablemente mejorado en el grupo experimental en comparación con el grupo de control. Por lo tanto, se concluye que el uso de MATLAB tiene un impacto significativo en el aprendizaje procedimental de EDOs en estudiantes de Ingeniería Ambiental.

Formulación de hipótesis estadísticas para H_{e3}

Hipótesis nula (H_0): No existe una diferencia significativa en el aprendizaje actitudinal de EDOs entre los estudiantes que utilizan MATLAB y los que no lo utilizan. Hipótesis alternativa (H_1): Existe una diferencia significativa en el aprendizaje actitudinal de EDOs entre los estudiantes que utilizan MATLAB y los que no lo utilizan.

Tabla 9*Prueba t para muestras independientes del postest de los grupos control y experimental*

	T	GI	Sig. bilateral	Diferencia de medias	IC95%	
					Inferior	Superior
Postest	6,932	38	0.000	4,950	3,504	6,396

La información recopilada en la Tabla 3 y los estudios estadísticos de la Tabla 9 presentan la comparación entre los grupos control y experimental después de la utilización del software MATLAB para la dimensión D3. Los resultados indican una diferencia de medias de 4,950 a favor del grupo experimental. El análisis con la prueba t-Student revela un p-valor de 0.00 que es menor a 0.05 nivel de significación establecido. Esto indica que existe una diferencia estadísticamente significativa a favor del grupo experimental en el aprendizaje actitudinal de EDOs. De esta manera, se descarta la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1); esto implica que el uso de MATLAB conduce a un rendimiento académico notablemente mejorado en el grupo experimental en comparación con el grupo de control. Por lo tanto, se concluye que el uso de MATLAB tiene un impacto significativo en el aprendizaje actitudinal de EDOs en estudiantes de Ingeniería Ambiental.

Discusión de los resultados

En cuanto a la hipótesis general, el análisis reveló que el grupo experimental, que utilizó MATLAB, obtuvo puntuaciones superiores a las del grupo de control en las evaluaciones pretest y postest (ver Tabla 2). La prueba t de Student produjo un p-valor de 0.00, inferior al nivel de significación de 0.05, lo que indica una mejora estadísticamente significativa atribuible al uso de MATLAB.

En relación con la primera hipótesis específica, relacionada con la dimensión D1, el grupo experimental también superó al grupo de control. La prueba t de Student produjo un p-valor de 0.00, que es inferior a 0.05. Esto permite confirmar que el uso de MATLAB tuvo un impacto significativo. Esto se alinea con la

tesis de Pantoja (2015), quien destacó el efecto positivo de software SAGE en el rendimiento conceptual en la asignatura de Cálculo Vectorial.

Respecto a la segunda hipótesis específica, relacionada con la dimensión D2, se observó nuevamente una mejora significativa en el grupo experimental. La prueba t de Student produjo un p-valor de 0.00, que es inferior a 0.05. Esta mejora se atribuye al uso de MATLAB, lo que está en línea con los hallazgos de Mogrovejo (2017), quien destacó su influencia en el aprendizaje procedimental en el curso de Métodos numéricos.

Finalmente, para la tercera hipótesis específica, relacionada con la dimensión D3, se observó el mismo patrón: el grupo experimental obtuvo resultados superiores al grupo de control. La prueba t de Student produjo un p-valor de 0.00, que es inferior a 0.05. Esto permite confirmar que el uso de MATLAB tuvo un impacto significativo en esta dimensión. De manera similar, Pantoja (2015) destacó el efecto positivo del uso de SAGE en contextos similares.

Conclusiones

Se concluye que el uso del software MATLAB tiene un impacto significativo en diversos aspectos del aprendizaje de las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias en estudiantes de Ingeniería Ambiental. Este impacto se reflejó en los resultados del posttest, donde se encontraron diferencias de medias significativas en las tres dimensiones evaluadas:

Aprendizaje conceptual: se observó una diferencia de medias de 1,350 ($p = 0.00$).

Aprendizaje procedimental: se registró una diferencia de medias de 2,650 ($p = 0.00$).

Aprendizaje actitudinal: se evidenció una diferencia de medias de 4,950 ($p = 0.00$).

En todos los casos, los valores de p fueron menores que el nivel de significancia establecido de 0.05, lo que confirma que el uso de MATLAB impacta de manera positiva y significativa en el proceso de aprendizaje, favoreciendo tanto la comprensión de los conceptos como el desarrollo de habilidades prácticas y la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de las EDOs.

Referencias

- Ashburn, A., & Floden, E. (2006). *Meaningful Learning Using Technology: What Educators Need to Know and Do*. Teachers College Press.
- Ausubel, D. Novak, J., & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas.
- Díaz, F., & Hernández, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. McGraw-Hill Interamericana editores.
- Dullius, M. (2009). *Enseñanza y aprendizaje en ecuaciones diferenciales con abordaje gráfico, numérico y analítico*. [Tesis Doctoral, Universidad de Burgos]. <https://redined.mecd.gob.es/xmlui/handle/11162/161765>
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS Statistics for Windows step by step: A Simple Guide and Reference*. 11.0 Update. Allyn & Bacon.
- Guerrero, C., Camacho, M., & Mejía, H. (2010). Dificultades de los estudiantes en la interpretación de las soluciones de las ecuaciones diferenciales ordinarias que modelan un problema. *Enseñanza de las ciencias*, 28 (3), 341-452.
- Gutiérrez, R. (2019). *Aplicación del software MATLAB en el aprendizaje del cálculo integral de los estudiantes de ingeniería con experiencia laboral de la universidad peruana de ciencias e informática, 2018*. [Tesis de Maestría, Universidad Peruana de Ciencias e Informática]. <https://repositorio.upci.edu.pe/handle/upci/50>

- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana editores, S.A. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3346>
- MathWorks. (2022). *MATLAB*. Recuperado de <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
- Mogrovejo, S. (2017). *Uso de MatLab y su influencia en el rendimiento académico del curso de métodos numéricos en los estudiantes de la escuela profesional de ingeniería civil de la universidad andina del cusco, 2017*. [Tesis de Doctorado, Universidad Andina del Cusco].
- Moreira, M. A. (1999b). *Aprendizagem Significativa*. Fórum Permanente de profesores. Ed. Universidade de Brasília.
- Pantoja, H. (2015). *Aplicación del software libre Sage, en el rendimiento académico del curso de Cálculo Vectorial, en los estudiantes del IV Ciclo de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
- Pérez C. (2002). *MATLAB y sus Aplicaciones en las Ciencias y la Ingeniería*. Universidad Complutense de Madrid. Pearson Educación.
- Pernalet, N. (2010). *MatLab como estrategia para la enseñanza-aprendizaje de la matemática en educación superior*. Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt. <http://www.iiis.org/CDs2008/CD2009CSC/SIECI2009/PapersPdf/X358HZ.pdf>

Conflicto de intereses / Competing interests:

El autor no incurre en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

EOGJ: Conceptualización, investigación, escritura-preparación del borrador original, redacción-revisión y edición.

FFC: Conceptualización, investigación, escritura-preparación del borrador original, redacción-revisión y edición.

COESM: Conceptualización, investigación, escritura-preparación del borrador original, redacción-revisión y edición.

Fuentes de financiamiento / Funding:

Esta investigación se realizó con el financiamiento del autor.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

El autor declara no haber violado u omitido normas éticas o legales al realizar la investigación.