

Motivación de estudiar Álgebra Lineal con la calculadora Casio fx-570/991

Jaime Segarra

Fecha de recepción: 11/03/2022
 Fecha de aceptación: 29/04/2022

<p>Resumen</p>	<p>Considerando la importancia de estudiar la motivación de los estudiantes sobre el aprendizaje de Álgebra Lineal. Se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿cómo influye en la motivación de los estudiantes de primer año de Ingeniería el uso de la calculadora en la resolución de problemas de Álgebra Lineal? Se utiliza el Instrumento de Motivación sobre Materiales Didácticos. La población fue de 63 estudiantes. Los resultados indicaron que los estudiantes del grupo experimental que utilizaron la calculadora tienen mejor motivación en el estudio de Álgebra Lineal. Los hallazgos del presente estudio proporcionan información útil para que los docentes diseñen o modifiquen el currículo de Álgebra Lineal.</p> <p>Palabras clave: Álgebra Lineal, motivación, Casio, calculadora</p>
<p>Abstract</p>	<p>Considering the importance of studying the motivation of students on learning Linear Algebra. The following research question: how does the use of the calculator in solving Linear Algebra problems influence the motivation of first-year Engineering students? The Motivation Instrument on Didactic Materials is used. The population was 63 students. The results indicated that the students of the experimental group who used the calculator have better motivation in the study of Linear Algebra. The findings of this study provide useful information for teachers to design or modify the Linear Algebra curriculum.</p> <p>Keywords: Linear Algebra, motivation, Casio, calculator</p>
<p>Resumo</p>	<p>Considerando a importância de estudar a motivação dos alunos na aprendizagem da Álgebra Linear. Surge a seguinte questão de pesquisa: como o uso da calculadora na resolução de problemas de Álgebra Linear influencia a motivação dos alunos do primeiro ano de Engenharia? Utiliza-se o Instrumento de Motivação em Materiais Didáticos. A população foi de 63 alunos. Os resultados indicaram que os alunos do grupo experimental que utilizaram a calculadora apresentam melhor motivação no estudo da Álgebra Linear. Os resultados deste estudo fornecem informações úteis para os professores projetarem ou modificarem o currículo de Álgebra Linear.</p> <p>Palavras-chave: Álgebra Linear, motivação, Casio, calculadora</p>

1. Introducción

Hoy en día el bajo rendimiento académico y la actitud negativa hacia las matemáticas son problemas persistentes entre los estudiantes de la universidad en ingeniería, y esto conduce a una comprensión deficiente del estudio de los problemas en sus áreas y a una aplicación inadecuada de las estrategias de solución (Rocha et al., 2020). Por esta razón, los docentes se ven en la obligación de utilizar herramientas tecnológicas con el propósito de motivar a los estudiantes, y de esta manera poder incrementar el rendimiento académico.

Ya desde años anteriores ha existido la sugerencia por el Consejo Nacional de Profesores de matemática (NCTM, 1991) de los Estados Unidos, al recomendar que la enseñanza de la Matemática se haga de manera activa, desarrollando una forma de pensar que pueda dar sentido al entorno y aplicando toda la tecnología disponible (Puerto y Minnaard, 2003). Desde la aparición de la primera calculadora gráfica de Casio en 1985, provocó una revolución en la enseñanza y en el aprendizaje de la matemática al estimular en los estudiantes con nuevas experiencias. Esta calculadora ha generado nuevas preguntas con respecto a qué cambios son necesarios en el currículo matemático y cómo debe integrarse su uso en la enseñanza matemática (Puerto y Minnaard, 2003).

Existen varios investigadores que han estudiado en profundidad la utilización de la calculadora dentro del proceso enseñanza – aprendizaje de las Matemáticas (e.g., Gamboa, 2007; Alcas, 2021; Guzmán, Ruíz, y Sánchez, 2021). Dentro de estas investigaciones se puede evidenciar que los estudiantes que utilizaron la calculadora obtienen mejor rendimiento académico que los estudiantes que no la utilizaron. Además, es importante destacar que los investigadores encuentran que se reduce la ansiedad mejorando significativamente su nivel matemático.

En este contexto, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo influye en la motivación de los estudiantes de primer año de ingeniería el uso de la calculadora Casio fx-570/991 en la resolución de problemas de Álgebra Lineal?

1.1. Revisión de la literatura

Existen varios investigadores que presentan propuestas de introducir la tecnología en el proceso enseñanza – aprendizaje de las matemáticas. Estos investigadores han evidenciado que los estudiantes de ingeniería han mejorado significativamente el desempeño académico con la implementación de recursos tecnológico, a continuación, se revisa algunas de estas investigaciones.

En su estudio, Quesada y Maxwell (1994) realizaron una investigación a lo largo de tres semestres académicos e involucró a 710 estudiantes. Compararon el desempeño de los estudiantes universitarios a los que se les enseñó precálculo usando una calculadora gráfica y un libro de texto escrito para usarse con una calculadora gráfica, con el desempeño de los estudiantes que usaron el enfoque tradicional, un libro de texto normal y una calculadora científica. En un examen final común integral, los estudiantes a los que se les enseñó precálculo utilizando la calculadora gráfica obtuvieron puntajes significativamente más altos que aquellos a los que se les enseñó con métodos tradicionales.

En otro estudio, Puerto y Minnaard (2003) estudiaron el uso de la calculadora en dos niveles: en la escuela primaria utilizando calculadoras elementales y en el

nivel secundario y primeros años de la universidad con calculadoras gráficas. Los estudiantes de la universidad utilizaron las calculadoras gráficas que facilitó la exploración y el descubrimiento, favoreciendo una activa aproximación al aprendizaje, los autores manifestaron que la utilización de la calculadora promueve la interacción entre estudiantes y maestros y entre el conjunto de estudiantes.

En Gómez (2013), se estudió el efecto del uso de la calculadora Wiris en el aprendizaje de las funciones cuadráticas en un curso de matemáticas de la universidad. El estudio experimental se realizó con el método tradicional con un grupo de control de 40 estudiantes. En la evaluación del aprendizaje se consideraron tres capacidades: comunicación matemática, modelamiento matemático y resolución de problemas. Los resultados obtenidos en la investigación concluyeron que el uso de la calculadora Wiris mejora significativamente el aprendizaje de las funciones cuadráticas y a su vez impacta positivamente en la actitud de los estudiantes.

En una investigación más reciente, Hazday, Rodríguez y Pérez (2010) abordaron el tema del trabajo independiente de los estudiantes y se presentaron tres experiencias en el desarrollo de cursos en los que se utilizó como soporte tecnológico una calculadora Casio ClassPad 300, aprovechando las posibilidades que ofrece la misma para facilitar el auto aprendizaje de los estudiantes, mediante las llamadas e-activities. La calculadora se muestra como una herramienta útil en el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente como apoyo al trabajo independiente y que permite desarrollar habilidades de forma independiente y creativa. Los estudiantes consideran que la calculadora es una herramienta útil en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que permite desarrollar habilidades de forma autónoma y creativa, lo cual aumenta la motivación en la realización de su trabajo. Se comprobó que los estudiantes que asistieron a estos cursos obtuvieron mejores resultados en las evaluaciones realizadas en su curso académico.

Motivación

La motivación es similar a un mecanismo que estimula, traslada, conduce y alienta en todo momento a continuar el camino, con perseverancia y valor (Pacheco, 2016). Entonces, si se busca el cambio de actitud o el avance de la competencia matemática resulta imprescindible conocer los procesos motivadores que presentan los adolescentes para tomarlo en consideración y alcanzar el objetivo. La motivación en el instante de educarse es fundamental ya que se enlaza estrechamente con la capacidad del estudiante y la predisposición para el estudio, pues sin el compromiso de los estudiantes no tendrá un valor significativo la enseñanza del profesor, es decir, si más estimulado se encuentra el estudiante tendrá una mayor asimilación y logrará por supuesto el conocimiento significativo (Sellan, 2017).

Calculadora Casio fx 570/991

En este trabajo investigativo es importante explorar algunas herramientas que ofrece Casio. La herramienta Casio EDU+ es una aplicación de servicios para calculadoras científicas, para esto es importante escanear el código QR correspondiente desde la calculadora ClassWiz, esto da acceso a funciones adicionales no disponibles en la calculadora. Las principales funciones son la visualización de gráficos en línea, compartir gráficos y fórmulas entre estudiantes y el profesor. Con la aplicación Casio EDU+ se puede crear clases en línea, este es un complemento de la calculadora Casio fx 570/991. El objetivo de esta

característica es observar y administrar gráficos, tablas y fórmulas, con esta herramienta es posible que el profesor pueda visualizar en pantalla todos los ejercicios que realicen los estudiantes y compartir con el grupo de trabajo (Yos, 2021).

Por otro lado, los emuladores son programas que emulan las operaciones de la calculadoras científicas y gráficas, permiten utilizar todas las funciones de una calculadora en una computadora o en un dispositivo móvil, lo que le da opción al docente para preparar actividades de enseñanza. El emulador es una herramienta efectiva para el diseño de actividades de aprendizaje; de tal forma que el estudiante puede aprender con mejores resultados ya que el programa hace y muestra las operaciones de la misma manera que las calculadoras. Además, les permite a los docentes crear materiales para sus clases de matemática (Vallejo y Reyes, 2021).

2. Metodología

Esta investigación es considerada cuantitativa. En este estudio, para el análisis de la información, se utiliza la estadística descriptiva e inferencial, con el propósito de detallar las características del conjunto de datos. Primero, se recolectan y analizan los datos cuantitativos. Segundo, se interpretan los resultados y se presentan las conclusiones. Por otra parte, la muestra utilizada en esta investigación es una muestra intencional.

2.1. Participantes

Los participantes de este estudio correspondieron a los estudiantes de primer ciclo de las carreras de Ingeniería Ambiental y Agroindustrial de una universidad de Ecuador, en el periodo académico 2020-2021. La participación fue voluntaria y anónima. La muestra de este estudio corresponde a $n = 63$, 30 estudiantes de Ingeniería Ambiental y 33 de Ingeniería Agroindustrial.

2.2. Instrumento

En esta investigación se utiliza la Encuesta de Motivación sobre Materiales Didácticos (EMMD). La EMMD consta de 36 preguntas en una escala Likert de cinco valores que mide de uno (totalmente en desacuerdo) a cinco (totalmente de acuerdo). Al igual que en Liu et al. (2008), el tercer valor de la escala Likert, que estaba en la versión original de EMMD se eliminó, para alentar a los participantes a indicar un nivel de certeza. Keller (1987) diseñó esta encuesta para averiguar qué tan motivados se encuentran los estudiantes por un curso o sesiones en particular que utiliza nuevos recursos.

La EMMD es un enfoque para verificar los aspectos motivacionales de los entornos de aprendizaje. Además, para estudiar si una herramienta estimula y mantiene la motivación de los estudiantes para aprender. Este modelo, ha sido validado en varias investigaciones (e.g., Visser y Keller, 1990; Small y Gluck, 1994; Means, Jonassen, y Dwyer, 1997). El análisis motivacional se basa en cuatro factores de la motivación: la atención, relevancia, confianza y satisfacción. Estas cuatro categorías representan conjuntos de condiciones que son necesarias para que una persona esté plenamente motivada.

El primer factor, la atención, se refiere a las respuestas cognitivas de los estudiantes a los estímulos de instrucción, lo que debería conducir a un mayor esfuerzo de los alumnos para explorar la tarea de aprendizaje. El segundo factor, la relevancia, está relacionado con qué tan bien la instrucción satisface las

necesidades y objetivos del alumno. El factor de confianza se basa en la posibilidad percibida por los estudiantes de poder realizar con éxito la tarea de aprendizaje. Finalmente, el factor de satisfacción se refiere a un sentimiento positivo acerca de los logros y las experiencias de aprendizaje de una persona.

La EMMD contiene 12 preguntas correspondientes a atención, 9 a relevancia, 9 a confianza y 6 a satisfacción. Estas preguntas se proporcionan en la sección de resultados. En tres factores existen preguntas invertidas, es así, en el factor atención 5, relevancia 4, y confianza 4. Las respuestas correspondientes a estos ítems deben invertirse antes de agregarse al puntaje total de la EMMD ($4 = 1$, $3 = 2$, $2 = 3$ y $1 = 4$). Por otro lado, en el Factor satisfacción no existen preguntas invertidas.

2.2. Procedimiento

La EMMD fue enviados mediante un formulario de Google a los estudiantes de las dos carreras, en este test los estudiantes dispusieron de 25 minutos para contestar las 36 preguntas. Se crearon dos grupos:

1. El experimental. Estudiantes expuestos a una nueva condición (30 estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental).
2. Control. Los estudiantes no son expuestos a una nueva condición (33 estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial).

La investigación se realizó en la asignatura de Álgebra Lineal, se aplicó en 8 sesiones diferentes, cada sesión tuvo una duración de 120 minutos. Los temas de la asignatura Álgebra Lineal en las dos Ingenieras son iguales y dictadas por el mismo docente. En el grupo experimental se utilizó el emulador de la calculadora CASIO fx-570/991 como un recurso de apoyo en el proceso enseñanza – aprendizaje. Los temas estudiados en el curso de Álgebra Lineal fueron: matrices, sistemas de ecuaciones, determinantes, aplicaciones lineales y espacios vectoriales. Al final de las 8 sesiones se aplicó el test de motivación (EMMD).

2.3 Análisis de los datos

Todos los cálculos de la estadística descriptiva e inferencial se realizaron utilizando los emuladores de las calculadoras Casio fx-570/991 y Casio fx-CG50. Además, se utiliza el software de R. Para determinar la fiabilidad de los resultados obtenidos en la EMMD, se analizó la consistencia interna con la prueba Alfa de Cronbach (Cronbach, 1951). La Tabla 1 muestra los coeficientes de alfa de Cronbach de la EMMD y sus factores (atención, relevancia, confianza y satisfacción). George y Mallery (2003) proporcionaron las siguientes reglas generales para el alfa de Cronbach ($\alpha > 0.9$ –Excelente; $\alpha > 0.8$ –Bueno; $\alpha > 0.7$ –Aceptable; $\alpha > 0.6$ –Cuestionable; $\alpha > 0.5$ –Malo; y $\alpha < 0.5$ –Inaceptable). Es importante remarcar que el alfa de Cronbach para el total EMMD es fiable

Para determinar la validez del de la EMMD, se utilizó el método del Análisis Factorial Exploratorio. Se utilizó la prueba KaiserMeyer-Olkin (KMO) y la prueba de Esfericidad de Bartlett (BTS) ($KMO = 0.71$, $p < 0.01$). La prueba de KMO indica la adecuación del tamaño de la muestra utilizada. Por otro lado, la prueba de esfericidad de Bartlett (BTS) indica que las correlaciones entre los elementos no es una matriz de identidad. Los factores extraídos explican el 71% de la varianza total de los datos. Las correlaciones entre los elementos corregidos de la escala varían

de 0.40 y 0.72. Estos valores indican que no se debe eliminar preguntas y que la prueba es válida.

También, en esta investigación se estudian las condiciones de la hipótesis de normalidad de los datos. Específicamente, se utilizaron la prueba de Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk, 1995) y la prueba de homocedasticidad de Bartlett (Bartlett, 1950).

Factor	GE	GC
Atención	0.83	0.68
Relevancia	0.71	0.67
Confianza	0.81	0.88
Satisfacción	0.79	0.84
EMMD	0.80	0.65

Tabla 1. Coeficientes de alfa de Cronbach

3. Resultados

Esta sección presenta los resultados para responder la pregunta de investigación planteada anteriormente. La motivación de los estudiantes se midió en dos grupos diferentes: el grupo experimental (aplicación de la calculadora Casio fx-570/991) y el grupo de control (no se utiliza la calculadora).

3.1 Materiales

El software utilizado en el grupo experimental es el emulador de la calculadora Casio CLASSWIZ fx-570/991. Este emulador fue desarrollado por Casio para facilitar a los estudiantes que accedan a la nueva tecnología con el propósito de mejorar el aprendizaje de los estudiantes y apoyar a los profesores en la gestión del aula. El emulador se encuentra disponible en la página oficial de Casio. El modelo de la calculadora es fx-570/991 tiene 552 funciones que permite trabajar temas de: Álgebra Lineal, Física, Cálculo Diferencial e Integral, Estadística y Probabilidad, Trigonometría y Matemática Discreta. Esta calculadora no es una calculadora gráfica, pero gracias a la opción QR que tiene incluida se puede generar los gráficos mediante la web, como se puede observar en la Figura 1.

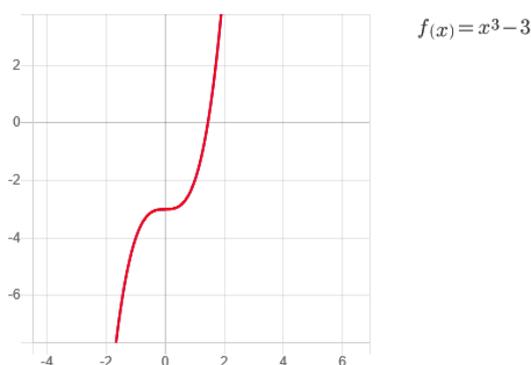
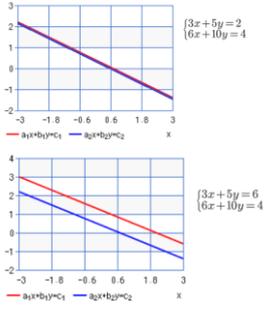
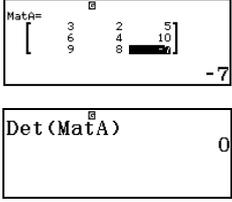
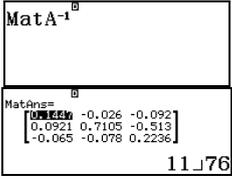


Figura 1. Gráfico de una función cúbica generada con la calculadora Casio fx-570/991

Por otro lado, la Tabla 2 muestra algunos de los ejemplos utilizado en la clase de Álgebra Lineal en el grupo experimental y en el grupo de control.

Tema	Problema	Utilización de la calculadora	Proceso
Tipo de sistema-método gráfico	Estudiar el tipo de sistema utilizando el método gráfico (sistema de 2x2).		Los estudiantes del GE realizan los gráficos con la calculadora y estudian el tipo de sistema. Por otro lado, el GC realizan manualmente los gráficos.
Tipo de sistema- Teorema de Rouché-Frobenius	Estudiar el tipo de sistema utilizando el teorema de Rouché-Frobenius (sistema de 3x3).		Los estudiantes del GE estudian el rango de la matriz utilizando la calculadora. Específicamente, utilizan determinantes. Por otro lado, los estudiantes del GC lo realizan manualmente por el método de determinantes y/o Gauss.
Rango de una matriz	Estudiar los valores de x para que la matriz tenga un rango de 3. $\begin{bmatrix} 2 & x & 6 \\ 4 & 2 & 12 \\ 5 & 0 & 9 \end{bmatrix}$		Los estudiantes del GE y GC resuelven el problema manualmente. El GE utiliza la calculadora para discutir el resultado en función de x.
Matriz inversa	Estudiar los valores de a y b para que la matriz sea invertible. $\begin{bmatrix} 9 & a & 6 \\ 1 & 2 & 5 \\ 3 & b & 8 \end{bmatrix}$		Los estudiantes del GE y GC resuelven el problema manualmente. El GE utiliza la calculadora para discutir el resultado en función de a y b.
Espacios vectoriales	Determinar si el vector es linealmente dependiente o independiente. $\{(1,2,4), (4,7,8), (3,2,5)\}$		Los estudiantes del GE utilizan el emulador para estudiar la linealidad y/o dependencia de los vectores. Los estudiantes del GC lo realizan manualmente.
Espacios vectoriales	Para que valores de r el conjunto de vectores es una base de R3 $\{(0, r, 1), (1, 2, r), (r, -1, 1)\}$		Los estudiantes del GE y GC resuelven el problema manualmente. El GE utiliza la calculadora

			para discutir el resultado en función de r.
--	--	--	---

Tabla 2. Ejemplos aplicados en la clase de Álgebra Lineal GE (grupo experimental), GC (grupo de control)

3.2 Motivación de los estudiantes

En este apartado se estudia la motivación de los estudiantes analizando la media y la desviación típica de las puntuaciones obtenidas para cada uno de los factores de los dos grupos de estudiantes, grupo experimental (GE) y grupo de control (GC). En concreto, las preguntas se agrupan y estudian en función de los cuatro factores que conforman el EMMD, además de forma conjunta.

3.2.1 Factor atención

La Tabla 3 muestra la media (\bar{x}) y la desviación estándar (σ) de las puntuaciones otorgadas por los estudiantes a las preguntas correspondientes al factor atención. La puntuación máxima en el GE se obtuvo en la pregunta 24 (aprendí algunas cosas que fueron sorprendentes o inesperado), con una media de 3.21. En el caso del GC, la puntuación máxima se obtuvo en la pregunta 17 (la forma en que se organiza la información ayudó a mantener mi atención), con una media de 2.88. El promedio obtenido al responder todas las preguntas de este factor fue de 3.04 y 2.73 en el GE y GC, respectivamente.

No	Preguntas	GE		GC	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
2	Hubo algo interesante al comienzo de este curso que me llamó la atención.	2.83	0.45	2.81	0.57
8	Estos materiales son llamativos.	2.80	0.64	2.69	0.45
11	La calidad de los recursos didácticos ayudó a mantener mi atención.	3.20	0.74	2.64	0.52
12 R	Este curso es tan abstracto que fue difícil mantener mi atención en él.	2.97	0.54	2.63	0.45
15 R	El texto y las actividades de este curso parecen poco atractivos.	3.07	0.72	2.72	0.60
17	La forma en que se organiza la información ayudó a mantener mi atención.	3.00	0.57	2.88	0.44
20	Este curso tiene cosas que estimularon mi curiosidad.	3.10	0.78	2.69	0.40
22R	La cantidad de repeticiones en este curso me hizo aburrirme a veces.	3.23	0.66	2.81	0.67
24	Aprendí algunas cosas que fueron sorprendentes o inesperado.	3.21	0.74	2.84	0.38
28	La variedad de ejercicios, ilustraciones, etc., ayudó a mantener mi atención en el curso.	2.83	0.68	2.63	0.49
29 R	El estilo de presentación del curso es aburrido.	3.13	0.66	2.75	0.54
31 R	Hay tanta información en el curso que es aburrido.	3.16	0.73	2.60	0.42

Tabla 3. Media aritmética y desviación estándar del factor atención

Por otro lado, la Figura 2 muestra los diagramas de caja y bigotes de las puntuaciones totales obtenidas por estudiantes del GE y GC. Este tipo de diagrama

permite identificar el primer y tercer cuartil, la mediana (línea horizontal). Los bigotes se extienden desde la caja hasta los valores máximos y mínimos. En particular, se muestran dos diagramas: el correspondiente a las puntuaciones del GE, y, por separado, las puntuaciones correspondientes al GC.

También, en la Figura 2 se puede observar que las puntuaciones obtenidas por el estudiantado proveniente del GE son claramente superiores al GC. En el GE el 25% de estudiantes obtienen puntuaciones inferiores a 2.75 (Q1) y un 50% inferior a 3.25 (Q2). Por otro lado, en el GC el 25% de estudiantes obtienen puntuaciones inferiores a 2.58, y el 50% inferior a 2.75 Q2

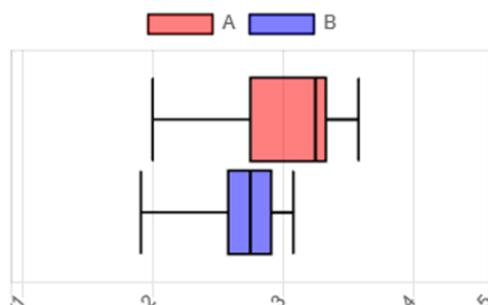


Figura 2. Puntuaciones totales del factor atención por grupo (A: GE, B: GC)

Además, se realizó un test estadístico para analizar si existe diferencias estadísticamente significativas entre las medias obtenidas en cada grupo. Concretamente, se aplicó el test estadístico t-Student de dos colas, tomando el parámetro $\alpha=0.05$ con un nivel de significación del 5%. Considerando el valor de p que resulta del test estadístico ($p < 0.001$), se concluye que hay diferencias significativas entre las medias de los dos grupos (GE y GC) del factor atención. Específicamente, el GE obtiene una media mayor que el GC.

3.2.2 Factor relevancia

Análogamente, la Tabla 4 muestra la media y la desviación estándar correspondiente al factor de relevancia. En el GE la puntuación máxima se obtuvo en la pregunta 23 (el contenido y el estilo de redacción de este curso transmiten la impresión de que vale la pena conocer su contenido), con una media de 2.90. Por otro lado, en el GC la puntuación máxima se obtuvo en la pregunta 18 (completar este semestre con éxito fue importante para mí), con una media de 2.75. El puntaje promedio obtenido al responder todas las preguntas de esta categoría fue de 2.77 y 2.70 en el GE y GC, respectivamente.

No	Preguntas	GE		GC	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
6	Me queda claro cómo el contenido de este material se relaciona con cosas que ya sé.	2.83	0.37	2.63	0.59
9	Hubo actividades que pude relacionar con ejemplos de la vida real.	2.76	0.42	2.68	0.44
10	Completar este bimestre con éxito fue importante para mí.	2.86	0.49	2.75	0.42
16	El contenido de este material es relevante para mis intereses	2.66	0.53	2.67	0.50
18	Hay explicaciones o ejemplos de cómo las personas	2.80	0.47	2.73	0.67

	usan el conocimiento en este curso para aplicaciones de la vida real.				
23	El contenido y el estilo de redacción de este curso transmiten la impresión de que vale la pena conocer su contenido.	2.90	0.54	2.74	0.41
26 R	Este curso no era relevante para mis necesidades porque ya sabía la mayor parte.	2.83	0.68	2.65	0.45
30	Podría relacionar el contenido de este curso con cosas que he visto, hecho o pensado en mi propia vida.	2.80	0.47	2.72	0.44
33	El contenido de este curso me será de utilidad.	2.63	0.48	2.66	0.47

Tabla 4. Media aritmética y desviación estándar del factor relevancia

La Figura 3 muestra que las puntuaciones obtenidas por el estudiantado proveniente del GE son levemente superiores al GC. En el GE el 25% de estudiantes obtienen puntuaciones inferiores a 2.56 (Q1) y un 50 % inferior a 2.78 (Q2). Por otro lado, en el GC el 25% de estudiantes obtienen puntuaciones inferiores a 2.44, y el 50% inferior a 2.67 Q2.

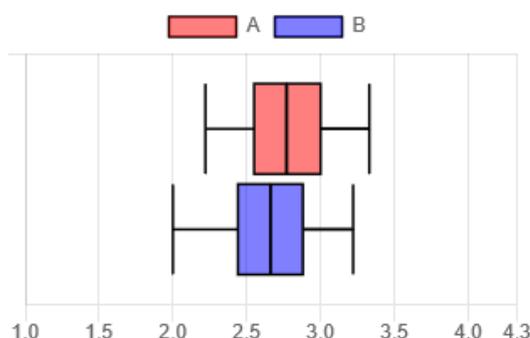


Figura 3. Puntuaciones totales del factor relevancia por grupo (A: GE, B: GC)

También, se aplica la prueba de t-Student, el valor de p estadístico es $p=0.13$, considerando este valor se concluye que no hay diferencias significativas entre las medias de los dos grupos (GE y GC) de este factor.

3.2.3 Factor confianza

Por otra parte, la Tabla 5 muestra la media y la desviación estándar correspondiente al factor de confianza. En el GE la puntuación máxima se obtuvo en la pregunta 35 (la buena organización del contenido me ayudó a estar seguro de que aprendería este material), con una media de 3.24. Además, en el GE la puntuación máxima se obtuvo en la pregunta 4 (después de la sesión introductoria, me sentí seguro de saber lo que se suponía que debía aprender de este curso), con una media de 2.79. El puntaje promedio obtenido al responder todas las preguntas de este factor fue de 3.18 y 2.58 en el GE y GC, respectivamente.

No	Preguntas	GE		GC	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
1	Después de la primera sesión del curso, tuve la impresión de que me resultaría fácil.	3.00	0.63	2.52	0.55
3 R	Este material fue más difícil de entender de lo que me gustaría que fuera.	3.33	0.69	2.53	0.65
4	Después de la sesión introductoria, me sentí seguro de saber lo que se suponía que debía aprender de este	3.20	0.47	2.79	0.63

	curso.				
7 R	Muchas de las tareas tenían tanta información que era difícil distinguir y recordar lo importante puntos.	3.10	0.65	2.68	0.64
13	Mientras trabajaba en este curso, confiaba en poder aprender el contenido.	3.03	0.48	2.70	0.52
19 R	Los ejercicios de este curso fueron demasiado difíciles.	3.17	0.63	2.61	0.48
25	Después de trabajar en este curso durante un tiempo, estaba seguro de que podría aprobar un examen.	3.23	0.61	2.55	0.55
34 R	Realmente no pude entender bastante del material de este curso.	3.30	0.73	2.39	0.64
35	La buena organización del contenido me ayudó a estar seguro de que aprendería este material.	3.24	0.61	2.48	0.70

Tabla 5. Media aritmética y desviación estándar del factor confianza

La Figura 4 muestra las puntuaciones obtenidas por el estudiantado proveniente del GE y GC. Además, se puede indicar que las puntuaciones del GE son claramente superiores al GC. En el GE las puntuaciones del 25 % de los estudiantes son inferiores a 3.11 (Q1) y un 50 % inferior a 3.22 (Q2). Por otro lado, en el GC el 50% de estudiantes obtienen puntuaciones inferiores a 2.56 (Q2), y el 25% inferiores a 2.44 (Q1).

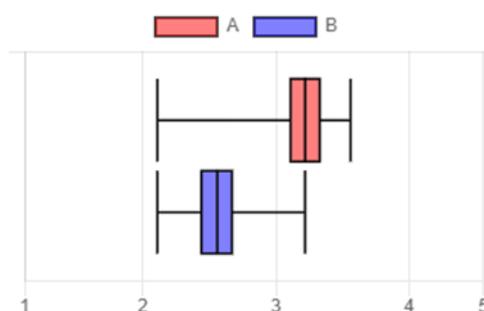


Figura 4. Puntuaciones totales del factor confianza por grupo

Considerando el valor de p que resulta del test estadístico ($p < 0.001$), se concluye que hay diferencias significativas entre las medias de los dos grupos (GE y GC) del factor confianza. Específicamente, los estudiantes del GE obtienen una media mayor que los estudiantes del GC.

3.2.4 Factor satisfacción

La Tabla 6 muestra la media y la desviación estándar correspondiente al factor de satisfacción. En el GE la puntuación máxima se obtuvo en la pregunta 32 (se sintió bien completar con éxito este curso.), con una media de 3.13. De la misma manera, en el GE la puntuación máxima se obtuvo en la pregunta 21 (realmente disfruté asistiendo a este curso.) con una media de 2.61. El puntaje promedio obtenido al responder todas las preguntas de este factor fue de 3.09 y 2.66 en el GE y GC, respectivamente.

No	Preguntas	GE		GC	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
5	Completar los ejercicios de cada sesión me dio un sentimiento satisfactorio de logro.	3.07	0.35	2.53	0.56
14	Disfruté tanto este curso que me gustaría saber más	3.13	0.49	2.45	0.66

	sobre este tema.				
21	Realmente disfruté asistiendo a este curso.	3.03	0.54	2.63	0.54
27	La redacción de la retroalimentación después de los ejercicios, o de otros comentarios en este curso, me ayudó a sentirme recompensada por mi esfuerzo.	3.10	0.39	2.55	0.60
32	Se sintió bien completar con éxito este curso.	3.13	0.48	2.61	0.48
36	Fue un placer trabajar en un curso tan bien diseñado.	3.10	0.47	2.58	0.49

Tabla 6. Media aritmética y desviación estándar del factor satisfacción

En la Figura 5 se puede observar que las puntuaciones obtenidas por el estudiantado proveniente del GE son claramente superiores al GC. En el GE las puntuaciones totales que obtienen los estudiantes son inferiores a 2.83 (Q1) y un 50 % inferior a 3.16 (Q2). Por otro lado, en el GC el 50% de estudiantes obtienen puntuaciones inferiores a 2.50, en este caso en concreto coinciden el Q1 y Q2.

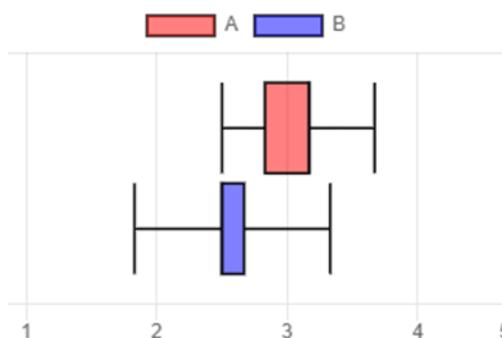


Figura 5. Puntuaciones totales del Factor satisfacción por grupo

Considerando el valor de p que resulta del test estadístico ($p < 0.01$), este valor indica que hay diferencias significativas entre la media del factor confianza en el GC y GE. Específicamente, los estudiantes del GE obtienen una media mayor que el GC.

3.2.5 Motivación

Finalmente, se estudia los resultados de la escala de motivación de los estudiantes de los dos grupos. En la Figura 6 se puede observar que las puntuaciones obtenidas por el estudiantado proveniente del GE son claramente superiores al GC. Específicamente, se estudia los cinco factores de manera conjunta y se verifica si hay diferencias significativas entre las medias aritméticas de los dos grupos. Considerando el valor de p que resulta del test estadístico ($p < 0.01$), se puede decir que hay diferencias significativas entre la media de la motivación en el GE y GC. Específicamente, el GE obtiene una media mayor que el GC.

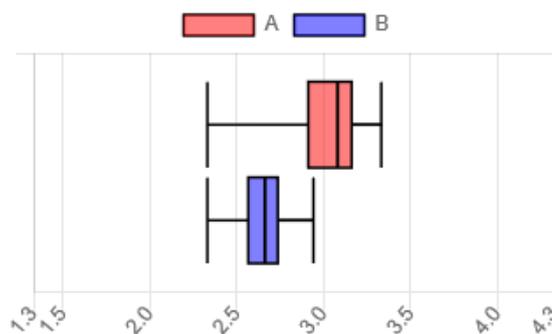


Figura 6. Puntuaciones totales de la motivación por grupo

4. Conclusión

La presente investigación estudia el impacto de implementar la calculadora Casio fx-570/991 en la motivación de los estudiantes en el aprendizaje de Álgebra Lineal. Esta sección contiene la discusión y conclusiones sobre los resultados obtenidos con respecto a cada uno de los factores de la EMMD. Primero, los altos puntajes obtenidos por los estudiantes del grupo experimental en las preguntas de la EMMD permiten confirmar que la mayoría de los estudiantes se sintieron motivados en la asignatura de Álgebra Lineal con la utilización de la calculadora Casio. De hecho, es importante remarcar que la confianza y la satisfacción fue el factor que obtuvo las puntuaciones más altas. Huang et al. (2010) señalaron la importancia de obtener una gran puntuación en satisfacción, que significa que los estudiantes consideran que el resultado del aprendizaje es un resultado justo de sus esfuerzos invertidos.

Las puntuaciones más bajas, por el contrario, los estudiantes del grupo experimental obtuvieron en las preguntas correspondientes al factor de relevancia. Teniendo en cuenta estos resultados, el profesor debe revisar las actividades propuestas en la asignatura, una posible causa puede ser la dificultad de los problemas de la asignatura. Los resultados muestran que, en general, la diferencia entre las medias dadas por los estudiantes de los grupos experimental y control fue estadísticamente significativa. Específicamente, se encuentra diferencias significativas en los factores confianza, atención y satisfacción, en los tres factores los estudiantes del grupo experimental obtuvieron puntuaciones más altas. Por el contrario, en el factor relevancia no se obtuvieron diferencias significativas de las medias, es decir, los dos grupos responden las preguntas de manera similar.

En conclusión, se puede afirmar que los estudiantes del grupo experimental están más motivados que los estudiantes del grupo de control. Estos resultados indican que el uso de la calculadora Casio fx-570/991 en la clase de Álgebra Lineal ayuda a que los estudiantes se motiven. Coincido con Ma y Kishor (1997) quienes indican que los estudiantes que disfrutan de las matemáticas aumentan su motivación intrínseca y mejoran su aprendizaje de manera significativa. Al igual que, Hazday et al. (2010) la calculadora se utiliza en este caso como un recurso didáctico, como medio de enseñanza-aprendizaje, no como una simple herramienta de cálculo.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por los estudiantes del grupo de control en EMMD y sus factores, una clara implicación de esta investigación sería revisar los recursos tecnológicos utilizados en la asignatura de Álgebra Lineal con el

propósito de incluir la utilización de la calculadora como una herramienta para el análisis de casos, problemas y ejercicios de Álgebra Lineal. La idea sería generar sesiones innovadoras en el que se utilice las herramientas tecnológicas para el estudio de problemas. Además, es importante indicar que la calculadora se muestra como una herramienta útil en el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente como apoyo al trabajo independiente y que permite desarrollar habilidades de forma independiente y creativa (Hazday et al., 2010).

Una futura línea de investigación sería aplicar la calculadora Casio fx 570/991 en la asignatura de Álgebra Lineal con un grupo de estudiantes que será el grupo experimental y el grupo de control no se utilizará la calculadora, se verificará si el grupo experimental obtienen mejores resultados que el grupo de control en las evaluaciones realizadas en la asignatura.

Referencias bibliográficas

- Alcas, F. (2013). *Uso del proyecto Descartes en la enseñanza de la derivada en la asignatura de matemática 2 de la facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*. Universidad de Piura.
- Bartlett, M. (1950). Tests of significance in factor analysis. *The British Journal of Psychology*, 3 (2), 77– 85.
- Cronbach, L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 1-16.
- Gamboa, R. (2007). Uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. *Cuadernos de investigación y formación en educación matemática*, 2(3), 11-44.
- George, D., y Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: a simple guide and reference*. Allyn y Bacon.
- Gómez, M. (2013). *El uso de la herramienta virtual wiris en el aprendizaje de la función cuadrática dirigido a los estudiantes del curso de matemática*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Guzmán, A., Ruiz, J., y Sánchez, G. (2021). Estrategias pedagógicas para el aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas sin calculadora. *Ciencia y Educación*, 5(1), 55-74.
- Hazday, E., Rodríguez, E., y Pérez, O. (2010). *El trabajo independiente de la matemática numérica con el uso de calculadoras graficadoras*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría.
- Huang, W., Huang, W., y Tschopp, J. (2010). Sustaining iterative game playing processes in DGBL: The relationship between motivational processing and outcome processing. *Computers & Education*, 55(2), 789-797.
- Keller, J. M. (1987). Strategies for stimulating the motivation to learn. *Performance and instruction*, 26(8), 1-7.
- Liu, C., Jack, B., y Chiu, H. (2008). Taiwan elementary teachers' views of science teaching self-efficacy and outcome expectations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6, 19-35.
- Ma, X. y KiShor, N. (1997). Assessing the Relationship Between Attitude Toward Mathematics and Achievement in Mathematics: A Meta-Analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28 (1), 26-47.

- Means, T., Jonassen, D., y Dwyer, F. (1997). Enhancing relevance: Embedded ARCS strategies vs. purpose. *Educational technology research and development*, 45(1), 5-17.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1991). *Professional standards for teaching mathematics*. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Pacheco, N. (2016). La motivación y las matemáticas. *Eco Matemático*, 7(1), 149-158.
- Puerto, S., y Minnaard, C. (2003). El uso de la calculadora gráfica en el aprendizaje de la matemática. *Revista iberoamericana de Educación*, 33(3), 1-13.
- Quesada, A., y Maxwell, M. (1994). The effects of using graphing calculators to enhance College students performance in precalculus. *Educational Studies in Mathematics*, 27, 205-215.
- Rocha, G., Juárez, J., Fuchs, O. y Rebolledo, G. (2020). El rendimiento académico y las actitudes hacia las matemáticas con un Sistema Tutor Adaptativo. *PNA*, 14(4), 271-294.
- Sellan, M. (2017). Importancia de la motivación en el aprendizaje. *Sinergias educativas*, 2(1), 1-4.
- Shapiro, S., y Wilk, M. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52 (3), 591-611.
- Small, R. V., y Gluck, M. (1994). The relationship of motivational conditions to effective instructional attributes: A magnitude scaling approach. *Educational technology*, 34, 33-40.
- Vallejo, C., y Reyes, Y. (2021). La Enseñanza del cálculo, las ciencias y las matemáticas. *Investigaciones educativas de la enseñanza del cálculo, las ciencias y las matemáticas*, 1, 20-243.
- Visser, J., y Keller, J. M. (1990). The clinical use of motivational messages: An inquiry into the validity of the ARCS model of motivational design. *Instructional science*, 19(6), 467-500.
- Yos, M. (2021). CASIO EDU+ y la creación de clases en línea. *Investigaciones educativas de la enseñanza del cálculo, las ciencias y las matemáticas*, 1, 50-55.

Autor: Jaime Segarra. Tiene una Ingeniería en Sistemas por la Universidad Católica de Cuenca (2009) con una Maestría en Educación Superior, Universidad Ciego de Ávila (2016) y Matemática Computacional, Universidad Jaime I (2019). Doctorado en Ingeniería Informática y Matemática de la Seguridad por la Universidad Rovira i Virgili (2021). Es capacitador de CASIO Ecuador, formación de estudiantes y docentes en el manejo de las calculadoras Casio. Investiga, orienta y desarrolla procesos de formación en Educación Matemática relacionados con el aprendizaje de alumnos y docentes de diferentes niveles educativos.

Dirección Electrónica: jaime.segarra@macoser-sa.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4304-2385>