

Olga Lucy Rincón Leal\*  
Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia

# TIC en la enseñanza de las ecuaciones diferenciales de primer orden

TIC in the teaching of the first order differential equations

TIC na educação de equações diferenciadas de primer orden

## Resumen

Esta investigación se ha propuesto evaluar las relaciones entre los elementos que intervienen en el proceso de aprendizaje de ecuaciones diferenciales de primer orden, antes y después de la incorporación de herramientas tecnológicas de apoyo. Se sigue un diseño de estudio descriptivo donde se determina la importancia de la tecnología en el aula de clase y cómo esta puede llegar a generar un cambio de actitud en los estudiantes. La muestra estuvo conformada por 40 estudiantes en edades entre 18 y 23 años. El instrumento de recolección de información consistió en una escala de actitudes que se aplicó al inicio y final del experimento. Los resultados muestran que el uso de las TIC como instrumento mediador produce un cambio de actitudes positivas y favorables hacia las aplicaciones de las ecuaciones diferenciales de primer orden, apoyando la adquisición de conocimientos, logrando estimular la creatividad de los estudiantes y contribuyendo en el diseño de nuevas estrategias metodológicas en el ámbito de la Educación Superior.

**Palabras clave:** ecuación diferencial, educación superior, enseñanza-aprendizaje, evaluación, tecnología.

## Abstract

This research has been proposed to evaluate the relationships between the elements involved in the learning process of first order differential equations before and after the incorporation of technological tools of helping a descriptive study design where the importance of technology in the classroom is determined and how this can generate a change of attitude in students continues. The sample consisted of 40 students aged between 18-23 years. The collection instrument for information consisted of an attitude scale was applied at the beginning and end of the experiment results show that the use of the TIC as a mediator instrument produces a change of positive and favorable attitudes towards applications of differential equations of first order to support the acquisition of knowledge, achieving stimulate students' creativity and contributing to the design of new methodological strategies in the field of Higher Education.

**Keywords:** technology, differential equations, teaching and learning, higher education, evaluation

Fecha de recepción del artículo: 23 de febrero de 2016

Fecha de aceptación del artículo: 18 de julio de 2016

DOI: <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v8i1.347>

\* Licenciada en Matemáticas y Física. Especialista en Computación para la Docencia. Magister en Educación Matemática. Docente departamento de Matemáticas y Estadística de la Universidad Francisco de Paula Santander. Contacto: olgarincon@ufps.edu.co. <http://orcid.org/0000-0002-8080-496X>

## Introducción

Los métodos tradicionales de enseñanza en las aplicaciones de las ecuaciones diferenciales de primer orden en el nivel universitario, tienden a centrarse en una práctica algorítmica y algebraica que acaba siendo rutinaria (Artigue, 2003; Benet, Zafra, Quintero, 2015). Este modo de enseñar conduce a que el estudiante adquiera un dominio algebraico, pero no conceptual: se reconocen y aplican los procedimientos a problemas prototípicos, pero no se alcanza la comprensión de la teoría que los soporta. No obstante, el egresado de cualquier carrera universitaria debe poseer capacidad para enfrentar las demandas sociales, esto es, ha de estar en condiciones de resolver distintos problemas e intervenir adecuadamente en las situaciones que competen a su campo de especialización.

Las nuevas tecnologías, forman parte de la vida diaria de cualquier sujeto, incluso si no es consciente de ello. Y entre los jóvenes su dominio constituye una habilidad social importantísima, tanto para el ocio como para la búsqueda y análisis de información. En la enseñanza formal, por lo tanto, resulta indispensable la introducción y familiarización de cuantas herramientas tecnológicas resulten útiles en el proceso de enseñanza aprendizaje. La educación es un arte, porque genera el desarrollo de condiciones, habilidades y capacidades artísticas. Podemos decir es el arte de generar espacios para enseñar y aprender, donde los estudiantes aprenden a crear sus condiciones personales y ayudan a crear las sociales (Archila, 2013). Debe ser, por tanto, una educación basada en el conocimiento y el aprendizaje, que estimule el pensamiento, el razonamiento y la creatividad (Riveros, Mendoza & Castro, 2013).

Existen otros factores que influyen en el rendimiento y uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Atencia & García (2013) estudiaron que algunos docentes tienen dificultades con la asimilación de las TIC debido a factores intrínsecos como falta de conocimiento y desinterés, y extrínsecos como falta de tiempo

para planificar estrategias de uso. Entre las causas predominantes de la deserción a nivel universitario, están las de dificultades en el aprendizaje que los estudiantes presentan para estudiar y comprender textos, que a su vez, se convierte en una desventaja para su rendimiento académico (Reyes, Castañeda & Pabón, 2012).

Erazo (2013) sintetiza que el fracaso es síntoma de los universitarios con problemas de tipo psicológico social, especificando que estudiantes de regular rendimiento, lo reducen más ante situaciones adversas, lo cual exige la presencia de programas de prevención para el descenso en el rendimiento académico. Por eso, la importancia en la utilización de las nuevas tecnologías que puede influir positivamente en el mejoramiento del rendimiento académico de los estudiantes, logrando así que la herramienta se convierta en un instrumento de nivelación y profundización de la asignatura (Sabogal, Monroy, Landero & Molina, 2015).

El uso de las TIC no solo resulta un recurso adicional favorable en el proceso de enseñanza aprendizaje, sino además constituye una habilidad fundamental relacionada con el modo en que las nuevas generaciones conocen y reconocen la realidad, se aproximan a ella y la estructuran cognitivamente (Ruiz, 2014). En este sentido, el aporte concreto de la investigación esbozada en este artículo, tiene que ver con el uso de una herramienta tecnológica alternativa, para la resolución de ecuaciones diferenciales de primer orden. Se parte teóricamente de las dos duplas clásicas del proceso educativo: la relación alumno-aprendizaje y la de profesor-enseñanza. Se propone una intervención pedagógica mediante el uso de las TIC y se comparan los resultados de un test actitudinal administrado antes y después del experimento.

## Método

Para evaluar la utilidad del uso de la tecnología en el proceso de enseñanza enseñanza-aprendizaje de ecuaciones diferenciales de primer grado, se utilizó como instrumento de recolección, una encuesta de actitudes conformada por 25 ítems,

con una escala de puntuación *Likert* de 1 a 5 (1: totalmente en desacuerdo, 2: en desacuerdo, 3: no estoy seguro, 4: de acuerdo y 5: totalmente de acuerdo). El instrumento fue validado mediante juicio de expertos (Vergel, Martínez, Zafra 2014) y su intención fue comparar los resultados antes y después del experimento. Se seleccionaron los ítems sobre una serie de criterios categoriales, vinculados con actitudes de los estudiantes en relación con la integración de las TIC en el currículo de matemáticas a nivel universitario. Las categorías y subcategorías se definieron del modo que sigue:

Categoría 1: alumno-aprendizaje.

Dimensiones: Comprensión y aprendizaje

Motivación y trabajo

Actitudes

Categoría 2: profesor-enseñanza.

Dimensiones:

Utilidad didáctica

Innovación

Inconvenientes o problemas

### Técnicas de procesamiento

Para el análisis de los datos, se consideraron las frecuencias de respuestas de los estudiantes a la encuesta durante las fases iniciales y final del taller. El análisis de la información para los datos se hizo con el apoyo de un software estadístico especializado: el SPSS (Pulido, Vivas, Cubides, 2011; Martínez, Zafra, Vergel, 2014a).

Para introducir y procesar los datos, se hicieron asignaciones numéricas a los diferentes tipos de respuestas dadas por los estudiantes (desde totalmente en desacuerdo: 1 hasta totalmente de acuerdo: 5). El análisis de confiabilidad de la escala, se realizó calculando el coeficiente alfa de *Cronbach*, que determina la consistencia interna de una escala analizando la correlación media de una variable con todas las demás que integran dicha escala (Martínez, Vergel, Zafra, 2015). Su resultado fue de 0,8 lo cual califica el instrumento como de un nivel muy bueno.

### Resultados

La Tabla 1 muestra las dimensiones *comprensión y aprendizaje, motivación, trabajo y actitudes* de la

categoría *alumno aprendizaje*. Un primer aspecto de esta dimensión que se destaca, a primera vista, es la diferencia marcada en los cambios de opinión de los estudiantes entre la fase inicial y final.

Tabla 1

Distribución de frecuencias de las dimensiones *comprensión y aprendizaje, motivación, trabajo y actitudes* de la categoría *alumno aprendizaje*

Dimensión	Ítem	Nivel	Fase			
			Inicial		Final	
			f	%	f	%
Comprensión y aprendizaje	4 El uso de la computadora dificulta a los estudiantes la comprensión y aprendizaje	Desacuerdo	19	47.50%	32	80.00%
		Neutro	16	40.00%	4	10.00%
		Acuerdo	5	12.50%	4	10.00%
	7 La computadora no complica los procesos de comprensión matemática	Desacuerdo	3	7.50%	6	15.00%
		Neutro	21	52.50%	6	15.00%
		Acuerdo	16	40.00%	28	70.00%
	8 El uso de la computadora ayuda en la comprensión de la solución de problemas	Desacuerdo	2	5.00%	3	7.50%
		Neutro	16	40.00%	9	22.50%
		Acuerdo	22	55.00%	28	70.00%
15 La computadora fomenta determinados aprendizajes mecánicos	Desacuerdo	3	7.50%	5	12.50%	
	Neutro	21	52.50%	13	32.50%	
	Acuerdo	16	40.00%	22	55.00%	
17 El uso de la computadora dificulta la comprensión conceptual	Desacuerdo	12	30.00%	21	52.50%	
	Neutro	21	52.50%	14	35.00%	
	Acuerdo	7	17.50%	5	12.50%	
Motivación y trabajo	3 La integración de la computadora facilita el trabajo en grupo	Desacuerdo	4	10.00%	3	7.50%
		Neutro	14	35.00%	7	17.50%
		Acuerdo	22	55.00%	30	75.00%
	Total	40	100.00%	40	100.00%	
5 La integración de la computadora motiva a los estudiantes hacia el aprendizaje	Desacuerdo	4	10.00%	3	7.50%	
	Neutro	17	42.50%	11	27.50%	
	Acuerdo	19	47.50%	26	65.00%	
22 Es una herramienta necesaria para estudiar las ecuaciones diferenciales	Desacuerdo	7	17.50%	2	5.00%	
	Neutro	21	52.50%	16	40.00%	
	Acuerdo	12	30.00%	22	55.00%	
Actitudes	2 El uso de la computadora permite a los estudiantes desarrollar actitudes favorables	Desacuerdo	2	5.00%	1	2.50%
		Neutro	13	32.50%	6	15.00%
		Acuerdo	25	62.50%	33	82.50%
16 El uso de computadora genera dependencia	Desacuerdo	15	37.50%	24	60.00%	
	Neutro	16	40.00%	9	22.50%	

		Acuerdo	9	22.50%	7	17.50%
21	Usando la computadora los estudiantes no toman conciencia de los errores que cometen	Desacuerdo	9	22.50%	14	35.00%
		Neutro	22	55.00%	14	35.00%
		Acuerdo	9	22.50%	12	30.00%
		Total	40	100.00%	40	100.00%

Fuente: autor

Así vemos, por ejemplo, que los *ítems* que evalúan dificultades en el uso de la computadora para la comprensión y aprendizaje de las ecuaciones diferenciales (Cengel & Palm, 2014), varía sustancialmente la opción de *desacuerdo* del 47% al 80%. También es notoria, por la contundencia del cambio, del 40% al 70%, en los niveles de *acuerdo* cuando los estudiantes evalúan, al inicio y al final de la experiencia, que el uso de la computadora no complica los procesos de comprensión matemática en los temas abordados.

En el conjunto de indicadores que abarcan la interacción *alumno-aprendizaje*, el factor actitudinal de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales a través de la herramienta, resulta un factor determinante. Al final de la experiencia, el 82% de los estudiantes valoró que la adopción de esta herramienta como recurso de aula, favorece las actitudes de los estudiantes hacia el aprendizaje de los temas de la asignatura.

También se destaca que aproximadamente el 60% de los estudiantes descarta que el uso de la computadora genere algún tipo de dependencia; dicho de otro modo, la consideran como un instrumento que facilita el cálculo y la aplicación del concepto, pero queda claro que el dominio conceptual y la identificación de los distintos elementos y parámetros implícitos se identifican a partir del dominio conceptual y práctico del tema. En este sentido, una tercera parte de los estudiantes está consciente de que incluso usando la computadora se pueden cometer errores.

En la Tabla 2, se relacionan los *ítems* asociados a la dimensión *utilidad didáctica* y *evaluación* de la categoría proceso de enseñanza aprendizaje. Se evidencia un incremento significativo entre las fases, aproximadamente, el 22% en la valoración positiva, que alcanza, en la fase final, más del 70% del reconocimiento del potencial de la herramienta como recurso didáctico-tecnológico.

Tabla 2

Distribución de frecuencias de la dimensión *utilidad didáctica* y *evaluación*- categoría *proceso de enseñanza aprendizaje*

Dimensión	Ítem	Nivel	Fase				
			Inicial		Final		
			f	%	f	%	
Utilidad didáctica	1 Facilita la enseñanza de las aplicaciones de las ecuaciones diferenciales de primer orden.	Desacuerdo	0	0.0%	4	10.0%	
		Neutro	21	52.5%	7	17.5%	
		Acuerdo	19	47.5%	29	72.5%	
	6 La integración en el aula ayuda al profesor a gestionar mejor la clase.	Neutro	17	42.5%	15	37.5%	
		Acuerdo	23	57.5%	25	62.5%	
		Total	40	100.0%	40	100.0%	
	9 Las aplicaciones en este tema se pueden enseñar y aprender sin necesidad de usar esta herramienta	Desacuerdo	4	10.0%	6	15.0%	
		Neutro	19	47.5%	17	42.5%	
		Acuerdo	17	42.5%	17	42.5%	
	10 Facilita la resolución de problemas sobre ecuaciones diferenciales de primer orden.	Desacuerdo	1	2.5%	2	5.0%	
		Neutro	18	45.0%	5	12.5%	
		Acuerdo	21	52.5%	33	82.5%	
12 El uso en el aula fomenta la interacción profesor-alumno.	Desacuerdo	5	12.5%	2	5.0%		
	Neutro	14	35.0%	10	25.0%		
	Acuerdo	21	52.5%	28	70.0%		
Total		40	100.0%	40	100.0%		
	Evaluación	11 Al integrarla en el aula los profesores no tienen que modificar sus métodos de evaluación	Desacuerdo	9	22.5%	8	20.0%
			Neutro	21	52.5%	13	32.5%
Acuerdo			10	25.0%	19	47.5%	
13 Aunque el profesor y los alumnos la utilicen en clase, no se debería permitir en los exámenes.	Desacuerdo	24	60.0%	21	52.5%		
	Neutro	13	32.5%	8	20.0%		
	Acuerdo	3	7.5%	11	27.5%		

14 Solo se debería usar para comprobar resultados obtenidos previamente con papel y lápiz.	Desacuerdo	12	30.0%	17	42.5%
	Neutro	20	50.0%	10	25.0%
	Acuerdo	8	20.0%	13	32.5%
<b>Total</b>		<b>40</b>	<b>100.0%</b>	<b>40</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: autor

Otros aspectos que se destacan, en cuanto a la utilidad didáctica de la herramienta, son los referidos por una parte, a la ventaja que representa la herramienta en la resolución de problemas (así lo destacó el 82%); por otra parte, un 70% del grupo destaca que se fomenta significativamente la interacción entre profesores y estudiantes en las actividades del aula y en el desarrollo de los temas.

Según la visión de los estudiantes, un 47,5% considera que el profesor tendría que ser más flexible y modificar su forma de evaluar al usar la herramienta, o sea que una buena parte del grupo, no ve mayores implicaciones en el proceso de evaluación al adoptar la herramienta. En este sentido, los estudiantes mantienen una actitud conservadora al opinar que la herramienta debe usarse también durante las evaluaciones y no solo para comprobar los resultados. En otras palabras, destacan que su uso debe ir más allá del proceso didáctico e incorporarse al proceso de evaluación.

Siguiendo con el orden de las categorías, en la Tabla 3 se relacionan las distribuciones de frecuencia de las dimensiones *inconvenientes* e *innovación* de la categoría *proceso de enseñanza aprendizaje*. Estas dimensiones evalúan el uso de la herramienta en aspectos que trascienden la didáctica. Por otra parte, el uso de la computadora, una vez diseñada la inducción, no incrementaría el tiempo de trabajo del profesor, lo cual no se considera como una limitación por más del 60% del grupo. Un elemento que llama la atención es que solo el 40% del grupo considera que el conocimiento matemático sigue siendo el mismo, independientemente de las tecnologías que se usen para enseñarlo; esta opinión apoya la idea extendida de que la innovación tecnológica no sustituye la comprensión de los contenidos. La opinión de los estudiantes, con respecto a los

cambios en el modo de enseñanza del docente después de la experiencia de la incorporación del uso de la herramienta, permanece invariante y se ubica alrededor del 48%. Por otra parte, un 78% no duda en señalar que esta herramienta constituye un importante factor de innovación y cambio en la formación superior.

Tabla 3

Distribución de frecuencias de las dimensiones *inconvenientes* e *innovación* de la categoría *proceso de enseñanza aprendizaje*

Dimensión	Item	Nivel	Fase			
			Inicial		Final	
			f	%	F	%
Inconvenientes	18 La integración de la computadora en el aula se limita por la falta de recursos económicos	Desacuerdo	5	12.5%	11	27.5%
		Neutro	19	47.5%	14	35.0%
		Acuerdo	16	40.0%	15	37.5%
	19 La incorporación en el aula incrementa el tiempo de trabajo del profesor.	Desacuerdo	12	30.0%	16	40.0%
		Neutro	21	52.5%	13	32.5%
		Acuerdo	7	17.5%	11	27.5%
	20 El uso de la computadora constituye un obstáculo para enseñar matemáticas	Desacuerdo	17	42.5%	25	62.5%
		Neutro	18	45.0%	11	27.5%
		Acuerdo	5	12.5%	4	10.0%
<b>Total</b>		<b>40</b>	<b>100.0%</b>	<b>40</b>	<b>100.0%</b>	
23 El conocimiento matemático sigue siendo el mismo independientemente de las tecnologías que se usen para enseñarlo.	Desacuerdo	9	22.5%	5	12.5%	
	Neutro	14	35.0%	20	50.0%	
	Acuerdo	17	42.5%	15	37.5%	
	<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100.0%</b>	<b>40</b>	<b>100.0%</b>	
Innovación	24 La integración en la enseñanza en este tema no implica que los profesores tengan que cambiar su manera de enseñar	Desacuerdo	4	10.0%	5	12.5%
		Neutro	17	42.5%	16	40.0%
		Acuerdo	19	47.5%	19	47.5%
	25 Esta herramienta constituye un importante factor de innovación y	Desacuerdo	4	10.0%	1	2.5%
Neutro		10	25.0%	8	20.0%	

cambio en la formación superior	Acuerdo	26	65.0%	31	77.5%
	Total	40	100.0%	40	100.0%

Fuente: autor

La tabla 4 muestra la tabla de contingencia por dimensión y niveles de acuerdo con las dimensiones de la categoría *aprendizaje alumno*. De manera global.

Tabla 4

Tabla de contingencia para las dimensiones y niveles de acuerdo por fase de la categoría *alumno-aprendizaje*

Dimensión	Fase	Inicial	Nivel			Total
			Desacuerdo	Neutro	Acuerdo	
Comprensión y aprendizaje	Inicial	f	39	95	66	200
		%	9.8%	23.8%	16.5%	50.0%
	Final	f	67	46	87	200
		%	16.8%	11.5%	21.8%	50.0%
	Total	f	106	141	153	400
		%	26.5%	35.3%	38.3%	100.0%
Motivación y trabajo	Inicial	f	15	52	53	120
		%	6.3%	21.7%	22.1%	50.0%
	Final	f	8	34	78	120
		%	3.3%	14.2%	32.5%	50.0%
	Total	f	23	86	131	240
		%	9.6%	35.8%	54.6%	100.0%
Actitudes	Inicial	f	26	51	43	120
		%	10.8%	21.3%	17.9%	50.0%
	Final	f	39	29	52	120
		%	16.3%	12.1%	21.7%	50.0%
	Total	f	65	80	95	240
		%	27.1%	33.3%	39.6%	100.0%
Total	Inicial	f	80	198	162	440
		%	9.1%	22.5%	18.4%	50.0%
	Final	f	114	109	217	440
		%	13.0%	12.4%	24.7%	50.0%

Total	f	194	307	379	880
	%	22.0%	34.9%	43.1%	100.0%

Fuente: autor

Se aprecia que el uso de la herramienta resultó favorable para los estudiantes al aumentar en aproximadamente el 7%, los niveles de aceptación como medio para la comprensión del aprendizaje de las ecuaciones diferenciales. Por otra parte, cerca de un 12% los estudiantes que manifestaba dudas en la sesión inicial, se convencen favorablemente en la evaluación posterior a la experiencia. En esta misma tendencia, se relacionan los factores de motivación en el aula y el incremento entre las fases de una actitud favorable hacia el aprendizaje de las ecuaciones a partir de la incorporación en el aula de la computadora como recurso didáctico.

Los valores de la prueba de asociación entre los niveles de acuerdo y las fases por dimensión en la categoría *alumno aprendizaje*, con valores de chi-cuadrado de 27.3, 10,6 y 9.5 con p-valores asociados de 0.00; 0.05 y 0,00 respectivamente, en todas las dimensiones  $p < 0.05$ , llevan a rechazar la hipótesis de independencia y establecer que existe una relación entre las fases iniciales y finales, en la *comprensión y aprendizaje, motivación y trabajo y actitudes*, en relación con la fase inicial y después de introducir las TIC como herramienta didáctica.

La tabla 5 muestra la tabla de contingencia por dimensión y niveles de acuerdo en la categoría *proceso de enseñanza aprendizaje*. La reserva que mantenían los estudiantes con respecto al uso de las TIC en el aula, fue disipada en aproximadamente un 10% entre la fase inicial y final. Los estudiantes mantienen su postura entre fases, acerca de que se permita el uso de la herramienta como apoyo en los procesos de evaluación y no solo durante la fase didáctica, lo cual quiere decir que apoyan un uso integral de las TIC. El reconocimiento como un instrumento de innovación y cambio se ratifica y amplía con posterioridad a la experiencia de aprendizaje.

Tabla 5

Tabla de contingencia para las dimensiones y niveles de acuerdo por fase de la categoría *proceso de enseñanza aprendizaje*

Dimensión	Fase	Inicial	f	Nivel			Total
				Desacuerdo	Neutro	Acuerdo	
Utilidad didáctica	Inicial	f	10	89	101	200	
			%	2.5%	22.3%	25.3%	50.0%
	Final	f	14	54	132	200	
			%	3.5%	13.5%	33.0%	50.0%
	Total	f	24	143	232	400	
			%	6.0%	35.8%	58.3%	100.0%
Evaluación	Inicial	f	45	54	21	120	
			%	18.8%	22.5%	8.8%	50.0%
	Final	f	46	31	43	120	
			%	19.2%	12.9%	17.9%	50.0%
	Total	f	91	85	64	240	
			%	38.0%	35.4%	26.6%	100.0%
Inconvenientes	Inicial	f	43	72	45	160	
			%	13.4%	22.5%	14.1%	50.0%
	Final	f	57	58	45	160	
			%	17.8%	18.1%	14.1%	50.0%
	Total	f	100	130	90	320	
			%	31.3%	40.6%	28.1%	100.0%
Innovación	Inicial	f	8	27	45	80	
			%	5.0%	16.9%	28.1%	50.0%
	Final	f	6	24	50	80	
			%	3.8%	15.0%	31.3%	50.0%
	Total	f	14	51	95	160	
			%	8.8%	31.9%	59.4%	100.0%
Total	Inicial	f	106	242	212	560	
			%	9.5%	21.6%	18.9%	50.0%
	Final	f	123	167	270	560	
			%	11.0%	14.9%	24.1%	50.0%
	Total	f	229	409	482	1120	
			%	20.4%	36.5%	43.0%	100.0%

Fuente: autor

En relación con los valores de la prueba de asociación entre los niveles de acuerdo y las fases por dimensión en la categoría *proceso de*

*enseñanza aprendizaje*, las dimensiones de *utilidad didáctica* y *evaluación* valores de chi-cuadrado de 13.35 y 13.79 con p-valores asociados de 0.001, en ambos casos  $p < 0.05$ , conducen al rechazo de la hipótesis de independencia y a establecer que en estas dimensiones existe una relación entre las fases previa y posterior a la introducción de las TIC como herramienta didáctica. Sin embargo, valores de chi-cuadrado de 3.46 y 0.72 con p-valores asociados de 0.17 y 0.69 respectivamente con  $p > 0.05$ , permiten aceptar la hipótesis de independencia en lo que respecta a las dimensiones de *inconvenientes* e *innovación*. Dicho de otro modo, el criterio de los estudiantes en estas dimensiones, permaneció invariante después de la experiencia.

### Discusión y conclusiones

Esta investigación se propuso explorar como vía alternativa para la resolución de ecuaciones diferenciales de primer orden, el uso de una herramienta tecnológica de apoyo y la percepción de los estudiantes acerca de la influencia de tal instrumento en el proceso de enseñanza aprendizaje. La evaluación de las apreciaciones de los estudiantes, se ha conseguido a través de un instrumento aplicado previa y posteriormente a la exposición de un grupo de alumnos al conocimiento y uso de esta herramienta.

A partir de los resultados obtenidos, puede considerarse que, de forma general, la incorporación de las TIC como herramienta tecnológica de apoyo para la resolución de ecuaciones diferenciales de primer grado (Zill, 2015; Vergel, Martínez y Zafra, 2016), fue acogida con gran receptividad, expectativas y motivación, despertando aún más el interés de los estudiantes por el aprendizaje de este tipo de ecuaciones (De las Fuentes, Arcos & Navarro, 2011). A este respecto, Cebrián (2003) señala que las herramientas tecnológicas "deben usarse para cubrir las carencias de la enseñanza tradicional y ser un complemento para el aprendizaje; de modo que no se trata de suplir unos modelos por otros sino de ofrecer al alumno más posibilidades de adquirir conocimiento" (p. 39). En la investigación se evidenció que con el empleo de las TIC, se conformó un ambiente de aprendizaje que invitó a

la reflexión, al análisis, a la actitud crítica en la solución de problemas y la toma de decisiones, sirviendo la herramienta didáctica utilizada como elemento de motivación. Como lo concluyen en su investigación Rincón, Vergel & Ortega (2015), el uso de la tecnología aumenta la motivación de los estudiantes, generando en ellos disposición para aprender las matemáticas.

A pesar de que se trata de una experiencia innovadora y positiva, en varios países son pocos los profesores que implementan su uso en las aulas y optan por métodos tradicionales, así los estudiantes tengan sus propias computadoras. Solamente el 15% de los profesores lo utilizan en el salón de clases (Hitt & Cortés, 2009). Sin embargo, a través de esta experiencia, se pudo verificar que la implementación de herramientas tecnológicas permite al estudiante explorar y desarrollar nuevos métodos y estrategias en la graficación y simulación de las situaciones planteadas, para ser resueltas mediante ecuaciones diferenciales en el salón de clases. A este respecto, Vergel, Martínez & Zafra (2015), en su investigación concluyeron que el empleo de computadoras, calculadora, App para la enseñanza de ecuaciones diferenciales, mostró incidencias favorables en el rendimiento académico y niveles de comprensión, así como en su autoconcepto.

En efecto, el planteamiento y resolución de situaciones hipotéticas mediante el uso de recursos tradicionales se hace muy difícil, máxime en el tipo de procesos cognitivos que han desarrollado las nuevas generaciones a partir de su familiaridad con las nuevas tecnologías; estas como herramientas de apoyo, permiten que las experiencias aporten evidencias y que el estudiante proponga conjeturas (Cortés, Guerrero, Morales & Pedroza, 2014).

Según Fiallo & Parada (2014), cuando se provee al estudiante de representaciones dinámicas en ideas del cálculo (Stewart, 2014), se genera en ellos un pensamiento dinámico, generador de bases para afrontar con éxito su proceso de formación, en el cual la construcción que realiza está de acuerdo con las ideas estudiadas, con base en la experimentación e interpretación de su realidad (Romero, 2014).

Con la incorporación del uso de la tecnología en matemáticas, los docentes realizan actividades sustentadas en marcos teóricos y metodológicos que ayudan al aprendizaje del estudiante (Arbuto, Johnson y Pantoja, 2006), este desarrolla habilidades de los procesos de resolución de problemas, comparación, ejercitación, razonamiento y demostración (Fiallo, 2015). Sobre este particular, Giandini & Salerno (2009) afirman que:

“El uso de la tecnología en los procesos de enseñanza y de aprendizaje da la posibilidad de manejar dinámicamente los objetos matemáticos en múltiples registros de representación, dentro de esquemas interactivos, difíciles de lograr con los medios tradicionales (...) permite el manejo dinámico de múltiples sistemas de representación de los objetos matemáticos” (p. 25).

En la investigación, se observó que el estudiante puede hallar en una herramienta tecnológica de apoyo el potencial de desarrollar nuevos métodos, nuevas estrategias de graficación, simulaciones, diferentes formas de visualizar una ecuación diferencial, opciones que difícilmente se desarrollan mediante las técnicas de enseñanza tradicionales (Rodríguez & Quiroz, 2016; Abueida & Nielsen, 2010; Alix, 2012). El uso de tecnologías en la enseñanza de la matemática permite, en efecto, que el alumno desarrolle habilidades del pensamiento tales como explorar, inferir, conjeturar, justificar, y argumentar, todo lo cual contribuye a la construcción de su propio conocimiento (Terán & Amores, 2014).

Aunque los estudiantes ven en el uso de las TIC un recurso didáctico de gran utilidad y un factor de innovación y cambio, están conscientes de que se trata de una herramienta que facilita el cálculo, pero también lo están en que su uso no los exime de cometer errores o llegar a soluciones erradas. Dicho de otro modo, ven en forma independiente el conocimiento matemático y el uso de la tecnología. Los docentes y los alumnos tienen a su alcance gran cantidad de herramientas de información y comunicación, donde realizan procesos de diseño más efectivo y simplificado, pero que, a su vez, pueden producir información inexacta e incluso errónea (Riveros, 2013). Esta

alerta es necesaria en la enseñanza de las matemáticas, pues igual de irreflexiva y reduccionista, puede resultar enseñar a los estudiantes a un trabajo mecánico de introducción de datos en la computadora y a usar los resultados de la pantalla. Es preciso, pues, tener siempre presente que la tecnología facilita los cálculos, pero nunca sustituye la comprensión conceptual y la interpretación de los resultados.

Las limitaciones o inconvenientes surgidos a partir del uso de las TIC en las actividades del aula, no resultaron, según la percepción de los estudiantes, significativos (Abueida, Nielsen, & Tam, 2010). Tal percepción, por otra parte permaneció invariante a lo largo del curso. Igual ocurrió con el factor de innovación, pues los estudiantes admiten naturalmente la adopción de la tecnología en la enseñanza de las ecuaciones diferenciales, sin resistencia, y más bien con una actitud positiva hacia su uso, lo que consecuentemente actúa como un elemento a favor en el proceso de enseñanza aprendizaje, y a su vez, de acuerdo a Cantillo, Roura & Sánchez (2012), la utilización de las nuevas tecnologías se convierte en elemento fundamental en la construcción del conocimiento, debido a que la interacción grupal mejora la comunicación entre el docente y el estudiante.

La utilización de las tecnologías, un recurso didáctico que ayuda al trabajo independiente, favorece el aprendizaje interactivo para que el estudiante sea artífice de su propio aprendizaje, profundizando en los conocimientos abordados (Vergel, Rincón & Martínez, 2016). Los estudiantes de las nuevas generaciones aceptan la incorporación de la tecnología en forma natural (Muñoz, 2013); esta forma parte vital en su información y su cotidianeidad.

En cuanto al rol del docente (Guacaneme & Mora, 2011; Muñoz S., 2012), este debe adquirir una metodología que suponga un cambio de actitud hacia la enseñanza que permita a los estudiantes trabajar, reflexionar y elaborar sus propios procesos del pensamiento. A este respecto, en el transcurso de la investigación, se comprobó que la utilización de las TIC como instrumento mediador de las matemáticas apoya la transmisión de conocimientos por parte del profesor, la

adquisición de conocimientos y la estimulación de la creatividad de los estudiantes, siendo su aprendizaje significativo y enriquecedor a la interacción profesor-estudiante, de acuerdo con lo descrito en Parra & Díaz (2014).

La incorporación de la tecnología como estrategia didáctica puede ser aplicada a otros temas y conceptos de matemáticas, como en las ecuaciones diferenciales de primer orden (De las Fuentes, Arcos & Navarro, 2011).

Igual aplicación se encuentra en la conclusión de la investigación de Rincón & Vergel (2015), donde la utilización de las nuevas tecnologías tiene un gran impacto pues se evidencia un alto grado de interés por parte de los estudiantes, la adopción de rutinas de trabajo en forma independiente, fomento del autoaprendizaje, donde se logra una mejor comprensión de conceptos, procedimientos y sus aplicaciones a contextos reales, todo esto traduciéndose al final en un mejor rendimiento académico en la asignatura. Allí la motivación depende no sólo de factores extrínsecos como la actitud y disponibilidad del profesor para enseñar, sino también del uso de una didáctica adecuada, donde el estudiante desarrolla mediante el uso de la tecnología, un contexto real y práctico (Flores, Valadez & Atencio, 2016).

### Referencias bibliográficas

- Alix, L. M. L. (2012). Rafael altamira and adolfo posada: Two contributions to the socialization of law and its projection in latin america. [Rafael Altamira y Adolfo Posada: Dos aportaciones a la socialización del derecho y su proyección en Latinoamérica] *Rechtsgeschichte*, 20(1), 209-233.
- Abueida, A., Nielsen, M., & Tam, T. (2010). Inverse spread limit of a nonnegative matrix. *Proyecciones*, 29(2), 110-122
- Aburto-Hageman, L., Johnson, R., & Pantoja, J. (2006). The complex linear representations of  $GL(2,k)$ ,  $k$  a finite field. *Proyecciones*, 25(3), 307-329
- Archila, J. (2013). Educación y Pedagogía en el contexto del paradigma emergente: una nueva forma de pensar y percibir el mundo para la

formación de ciudadanía. *Logos Ciencia & Tecnología*, 5(1), 139-149.

Abueida, A., Nielsen, M., & Tam, T. -. (2010). Inverse spread limit of a nonnegative matrix. *Proyecciones*, 29(2), 110-122

Artigue, M. (2003). The teaching and learning of mathematics at university level. En D. Holton et ál. An ICMI Study. *Kluwer Academic Publishers*, 207-220.

Atencia, A. & García, F. (2013). Incorporación de las TIC en las metodologías de los docentes de especialización en docencia de CECAR. *Logos Ciencia & Tecnología*, 5(1), 445-549.

Benet Rodríguez, M., Liliána Zafra, S., & Quintero Ortega, S. (2015). La revisión sistemática de la literatura científica y la necesidad de visualizar los resultados de las investigaciones. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 7(1), 94-96. doi:<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v7i1.232>

Cantillo, C., Roura, M. & Sánchez, A. (2012). Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *La Educ@ción Digital Magazine*, 147, 1-21.

Cebrian, M. (2003). *Enseñanza virtual para la innovación universitaria*. Madrid: Narcea SA.

Cengel, Y. & Palm, W. (2014). *Ecuaciones Diferenciales para Ingeniería y Ciencias*. México: McGraw-Hill.

Cortés, J., Guerrero, L., Morales, C. & Pedroza, L. (2014). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC): Aplicaciones Tecnológicas para el Aprendizaje de las Matemáticas. *Unión: Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 39(1), 141-161.

De las Fuentes, M., Arcos, J. & Navarro, C. (2011). Estudio comparativo sobre la eficiencia de las actividades cognitivas a partir de dos enfoques de enseñanza: tradicional y otro que involucra tecnología de la calculadora para abordar aplicaciones de las ecuaciones diferenciales. *Educación y Ciencia*, 1(39).

De las Fuentes, M., Arcos, J. & Navarro, C. (2011). Impacto en las Competencias Matemáticas de los estudiantes de Ecuaciones Diferenciales a Partir de una Estrategia Didáctica que incorpora la Calculadora. *Formación Universitaria*, 3(3), 33-44.

Erazo, O. (2013). Caracterización psicológica del estudiante y su rendimiento académico. *Colombiana de Ciencias Sociales*, 4(1), 23-41.

Fiallo, J. (2015). Acerca de la investigación en educación matemática desde las tecnologías de la información y la comunicación. *Actualidades Pedagógicas*, 66, 69-83.

Fiallo, J. & Parada, S. (2014). *Caracterización de las habilidades básicas del pensamiento variacional que son necesarias para la comprensión del cálculo diferencial*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Flores, I., Valadez, S. & Atencio, A. (2016). La Didáctica de la matemática en contexto, promotora de la motivación matemática en ecuaciones diferenciales. *Electrónica, Humanidades, Tecnología y Ciencia*, 14(1), 1-5.

Giandini, V. & Salerno, M. (2009). La geometría, los ingresantes y el software maple. *Formación Universitaria*, 2(4), 23-30.

Guacaneme, E. & Mora, L. C. (2011). La educación del profesor de matemáticas como campo de investigación. *Papeles*, 3(6), 18-25.

Hitt, F. & Cortés, J. (2009). Planificación de actividades en un curso sobre la adquisición de competencias en la modelización matemática y uso de calculadora con posibles gráficas. *Digital Matemática*, 10(1), 1-30.

Martínez Lozano, J., Vergel Ortega, M., & Zafra Tristancho, S. (2015). Validez de instrumento para medir la calidad de vida en la juventud: VIHDA. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 7(1), 20-28. Recuperado de <http://revistalogos.policia.edu.co/index.php/rlct/article/view/206>

Martínez Lozano, J., & Zafra, S. (2014). Modelo de crecimiento arbóreo de especie Almendrán.

Revista Logos Ciencia & Tecnología, 5(2), 372-378.  
doi:<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v5i2.256>

Muñoz, L. (2013). *Las tecnologías de la Información y la comunicación TIC en la gestión del conocimiento para generar cultura institucional pedagógica*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Muñoz, S. (2012). *Aportes didácticos de las Nuevas Tecnologías en Matemáticas: calculadoras, ordenadores, internet*. Salamanca: Universidad Pontificia de Salamanca.

Parra, O. & Díaz, V. (2014). Didáctica de las matemáticas y tecnologías de la información y la comunicación. *Educación y Desarrollo Social*, 8(2), 60-81.

Pulido Ortiz, Vivas Barrera, T., F., & Cubides Cárdenas, J. (2013). Perspectivas actuales para el estudio de los derechos humanos desde sus dimensiones. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 5(1), 97-118.  
doi:<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v5i1.10>

Reyes, L., Castañeda, E. & Pabón, D. (2012). Causas psicosociales de la deserción universitaria. *Logos Ciencia & Tecnología*, 4(1), 164-168.

Rincón Leal, O. & Vergel Ortega, M. (2015). Blogs, su influencia en la enseñanza del Cálculo Integral. En Varios, *Educación Internacional Lengua y Cultura*. Cali: Redipe.

Rincón Leal, O., Vergel Ortega, M. & Ortega Sierra, S. (2015). Factores asociados al uso de blogs educativos. En Varios, *Educación Internacional Lengua y Cultura*. Cali: Redipe.

Riveros, V. (2013). Algunos fundamentos teóricos del uso de las TIC para la comunicación de contenidos matemáticos. *Encuentro Educativo*, 7(1), 97-115.

Riveros, V., Mendoza, M. & Castro, R. (2013). Las tecnologías de la información y la comunicación en el proceso de instrucción de la matemática. *Quórum Académico*, 8(15).

Rodríguez, R. & Quiroz, S. (2016). El papel de la tecnología en el proceso de modelación

matemática para la enseñanza de las Ecuaciones Diferenciales. *Latinoamericana de Investigación en matemática educativa*, 19(1), 99-124.

Romero, J. D. (2014). Relación subjetiva-objetiva en el desarrollo del pensamiento matemático de objetos reales a objetos matemáticos en la educación, didáctica de las operaciones matemáticas. *Logos Ciencia & Tecnología*, 6(1), 18-35.

Ruiz, E. (2014). La tecnología en el aula de clase: De las calculadoras graficadoras a los ambientes virtuales de aprendizaje. *Lat Am J. Phys Educ*, 8(2), 345-354.

Sabogal, G., Monroy, N., Landero, J. L. & Molina, Y. R. (2015). Cálculo diferencial: aprendiendo con nuevas tecnologías. *Revista de Tecnología*, 12(2), 42-51.

Stewart, J. (2014). *Cálculo de una Variable. Conceptos y Contextos*. México: Cengage Learning.

Terán, G. R. & Amores, A. L. (2014). *Impacto del uso y aplicación de las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Matemática de los estudiantes de primer semestre de la Carrera de Matemática y Física de la Facultad de filosofía*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Verónica Díaz, Q., & Álvaro Poblete, L. (2016). Model of professional competence of mathematics (MCPM) and its implementation in primary teachers in Chile. [Modelo de Competencias Profesionales de Matemáticas (MCPM) y su Implementación en Profesores de Enseñanza Primaria en Chile] *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 30(55), 786-807. doi:10.1590/1980-4415v30n55a23

Vergel, M., Rincón, O. & Martínez, J. (2016). Validez de Instrumento CALA para evaluar asesorías virtuales. *Horizontes Pedagógicos*, 18(1), 26-33.

Vergel, M., Martínez, J. & Zafra, S. (2015). APPS en el rendimiento académico y auto concepto de estudiantes de ingeniería. *Logos Ciencia & Tecnología*, 6(2), 198-208.

Vergel-Ortega, M., Martínez Lozano, J. & Zafra Tristancho, S. (2016). Factores asociados al rendimiento académico en adultos. *Revista Científica*, 2(25). doi:<http://dx.doi.org/10.14483//udistritaljour.RC.2016.25.a4>

Vergel Ortega, M., Martínez Lozano, J., & Zafra Tristancho, S. (2014). Indicadores para evaluar la pertinencia social en la oferta académica de programas. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 6(1), 165-177. doi:<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v6i1.361>

Viera-González, P. M., & Sánchez-Guerrero, G. E. (2016). "Optics 4 every1", the hands-on optics outreach program of the universidad autonoma de nuevo leon. Paper presented at the Proceedings of SPIE - the International Society for Optical Engineering, , 9946 doi:10.1117/12.2238070

Vigara, R. (2012). Lifting filling dehn spheres. *Journal of Knot Theory and its Ramifications*, 21(8) doi:10.1142/S0218216512500824

Yusof, M. & Tall, D. (1999). Changing attitudes to university mathematics through problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 37, 67-82.

Yazıcı, E., Peker, M., Ertekin, E., & Dilmaç, B. (2011). Is there a relationship between pre-service teachers' mathematical values and their teaching anxieties in mathematics? [¿Existe una relación entre los valores matemáticos de los futuros maestros y su ansiedad sobre la enseñanza de las matemáticas?] *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 9(1), 263-282.

Yue, Y., & Shi, F. -. (2006). L-fuzzy closure operator. *Proyecciones*, 25(3), 237-247. Retrieved from

Yule, W., Lansdown, R., Millar, I. B., & Urbanowicz, M. -. (1981). The relationship between blood lead concentrations, intelligence and attainment in a school population: A pilot study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 23(6), 567-576. doi:10.1111/j.1469-8749.1981.tb02038.x

Zill, D. (2015). *Ecuaciones Diferenciales con valores en la frontera*. México: Cengage Learning.