

Reducción de obstáculos de aprendizaje en matemáticas con el uso de las TIC

Reduction of learning obstacles in mathematics with the use of ICT

Carlos Enrique George Reyes

RESUMEN

Las matemáticas son consideradas como un factor importante en la formación integral de los estudiantes, sin embargo los obstáculos para su aprendizaje originan que no se formen nuevos conocimientos que son necesarios para desarrollar una trayectoria escolar eficiente. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se han convertido en un recurso con el que se pueden superar obstáculos, especialmente aquellos relacionados con la prevalencia de conocimientos conceptuales y procedimentales erróneos. El objetivo de esta investigación es analizar el impacto del uso de las tecnologías para reducir los obstáculos mencionados en el nivel educativo de bachillerato; para lograrlo se realizó un estudio no experimental descriptivo, empleando la técnica de la encuesta, en el cual se indagó sobre las percepciones de 207 estudiantes acerca de cómo las tecnologías han modificado sus percepciones e interpretaciones de conceptos y procedimientos matemáticos ineficaces. Los resultados indican que a partir del uso intencionado de las TIC los estudiantes perciben un cambio en el entendimiento de las matemáticas, logrando con ello reducir obstáculos en el aprendizaje. Se concluye que el uso de la tecnología es un aspecto de gran importancia para la formación de los educandos, siempre que se acompañe del conocimiento disciplinar del docente.

Palabras clave: aprendizaje de las matemáticas, estudiantes, obstáculos epistemológicos, tecnologías educativas.

ABSTRACT

Mathematics is considered an important factor in the integral formation of students, however, obstacles in their learning result in new knowledge not being generated, which is necessary to develop an efficient school career. Information and communication technologies (ICT) have become a resource with which obstacles can be overcome, especially those related with the prevalence of erroneous conceptual and procedural knowledge. The objective of this research is to analyze the impact of the use of technologies to reduce the obstacles mentioned in the baccalaureate educational level; to achieve this, a descriptive, non-experimental study was carried out, using the survey technique to ask about the perceptions of 207 students in how technologies have modified their preconceived notions and interpretations of inefficient mathematical concepts and procedures. The results indicate that from the intentional use of ICT students perceive a change in the understanding of mathematics, thereby reducing obstacles in learning. It is concluded that the use of technology is an aspect of great importance for the training of students, as long as it is accompanied by the disciplinary knowledge of the teacher.

Keywords: learning of mathematics, students, epistemological obstacles, educational technologies.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de las matemáticas es clave para el desarrollo personal y profesional de los escolares (Lamana y De la Peña, 2018), ya que poseer los conocimientos precisos en este campo es fundamental para lograr un desarrollo intelectual basado en la lógica, la abstracción y el razonamiento ordenado (Darlington, 2017). Sin embargo, los informes internacionales sobre educación ubican a este tipo de aprendizajes como el área de estudio en que los alumnos obtienen un menor rendimiento. En México, los resultados descritos en el informe del Programa Internacional de Evaluación de los Alumnos (PISA, por sus siglas en inglés) del año 2015 (OCDE, 2016) ubican el rendimiento matemático por debajo de la media (408 de 490 puntos) y muy alejado del país mejor posicionado (Singapur, con 564 puntos).

Es en este campo en donde tradicionalmente se presentan mayores dificultades para aprender y se cometen más errores de carácter conceptual y procedimental por parte de los estudiantes para lograr los objetivos pretendidos en los contenidos curriculares; los orígenes de estos errores provienen de diversos obstáculos que se pueden categorizar como epistemológicos, cognitivos y didácticos (Pérez, Diego, Polo y González, 2019).

El objeto de estudio de este trabajo es analizar la función de las tecnologías como mediadoras para superar los obstáculos relacionados con prenociones y conocimientos previos de los estudiantes, así como la percepción respecto a las habilidades de los docentes para usar las TIC en la enseñanza de las matemáticas, por lo que se omitirán los obstáculos cognitivos y didácticos para poner en el centro de la investigación a los obstáculos epistemológicos, que de acuerdo con Bachelard (1987) son “conocimientos que han sido satisfactorios para la resolución de ciertos problemas durante un tiempo, se fijan en la mente, sin embargo, resultan inadecuados y de difícil adaptación al tenerse que enfrentar el alumno a otros problemas” (p. 75).

En este sentido, diversos autores han afirmado que se puede lograr una transformación de la educación matemática si se aprovechan las propiedades innovadoras de las tecnologías (Butto y Rojano, 2010; Geiger, Goos y Dole, 2015; Camargo y Sandoval, 2017; Lara, 2018) y con ello se fortalecen los conocimientos conceptuales y procedimentales necesarios para dominar este elemento de la ciencia, ya que el conocimiento conceptual tiene como base una red de relaciones entre piezas de datos que pueden fortalecerse con el acceso y uso de la información disponibles a través

Carlos Enrique George Reyes. Profesor-investigador del Grupo de Investigación de Enfoque Estratégico de Innovación Educativa perteneciente a la Escuela de Humanidades y Educación, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Nuevo León, México. Es Doctor en Ciencias de la Educación y Maestro en Educación. Ha sido distinguido por el Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), nivel C. Es miembro de la Sociedad Mexicana de Educación Comparada, de la Red de Investigadores de Durango y de la Red Temática de Literacidad Digital. Correo electrónico: cgeorge@tec.mx. ID: <https://orcid.org/0000-0002-2529-9155>.

de las tecnologías digitales, mientras que el conocimiento procedimental basado en sistemas de representación simbólicos puede robustecerse mediante el acercamiento a contenidos tecnológicos audiovisuales.

LOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS EN EL APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS

Los problemas asociados con el aprendizaje de las matemáticas han sido ampliamente analizados en diversos trabajos (Giné y Deulofeu, 2015; Rodríguez, Molina, Cañadas y Castro, 2015; Fernández y Molina, 2016; Flores y Azumendi, 2016; Fernández y Molina, 2018; Sawyer, 2018), en particular existe un consenso respecto a que los errores que se presentan en el estudio de esta materia surgen a partir de la presencia de obstáculos epistemológicos que se constituyen como una fuente de impedimentos para lograr la concreción de conocimientos contextualizados que permitan un rendimiento escolar favorable (Brousseau, 1983; Pizón y Gallardo, 2000; Cajaraville, Cachafeiro, Fernández, Ferro y Salinas, 2012; Hernández, Prada y Ramírez, 2017; Recalde y Henao, 2018); en este sentido se debe puntualizar que

[...] el error no es simplemente el efecto de la ignorancia, de la incertidumbre, del azar, como lo creemos de acuerdo con las teorías empíricas o conductistas del aprendizaje, sino el efecto de un conocimiento anterior, que tenía su interés, su éxito, pero que ahora se revela falso o simplemente inadaptado. Los errores de ese tipo no son erráticos e imprevisibles, ellos son establecidos como obstáculos [Brousseau, 1976, p. 168].

Un obstáculo en el ámbito del aprendizaje representa una situación que impide el desarrollo adecuado de una acción; de acuerdo con Brousseau (1983), se representan como conocimientos adquiridos que tienen validez en un contexto determinado (como en la educación primaria y secundaria) pero que en otros generan respuestas ineficientes (por ejemplo, en el bachillerato o la universidad); así pues, un obstáculo es un conocimiento que ofreció a su poseedor resultados correctos y ventajas significativas para entender conceptos y desarrollar procedimientos matemáticos en un momento determinado, pero que se vuelven falsos o inadecuados en un área de aprendizaje nueva o con mayor complejidad cognitiva.

Al respecto se pueden citar las investigaciones de Grisvard y Léonard (1983) y Perrin (1986) en relación con los conocimientos de los estudiantes sobre los números enteros, los autores mencionan que dichos números son apropiados con tanta facilidad por los alumnos que funcionan como obstáculo cuando estos se extienden al estudio de los números decimales, por lo que si bien muchos de los conocimientos emergentes en un estudiante parten de los que ya se han adquirido en experiencias formativas anteriores, también en algunas ocasiones estos últimos podrían obstaculizar nuevos aprendizajes. Al respecto, Bachelard (1987) menciona que una de las causas de la aparición de obstáculos es la tendencia a afianzar experiencias intuitivas

y a generalizar procesos de resolución de experiencias problemáticas que en algún momento fueron eficientes para construir respuestas simples.

Es por ello que en algunos momentos es necesario para el estudiante replantearse lo que aprendió para considerar nuevas formas de resolver las interrogantes que se le presentan durante el estudio de las matemáticas con el fin de reducir el uso no adecuado de conocimientos previos en contextos de aprendizaje diferentes, ya que mientras más avance en sus niveles de formación tendrá que afrontar una adaptación al medio escolar, lo que implica la aparición de rupturas cognitivas, acomodaciones, cambio de modelos o concepciones implícitas y cambio de lenguajes o sistemas cognitivos (Brousseau, 1986). Puede, entonces, considerarse al obstáculo epistemológico como la interiorización de un concepto o procedimiento matemático que ha servido para resolver algún tipo de problema pero que falló cuando se aplica a otro, y no como una falta de conocimiento (Brousseau, 1989).

Con base en estas apreciaciones se puede inferir que la formación de obstáculos en los estudiantes de matemáticas no siempre se debe al efecto de la ignorancia de un concepto o procedimiento, sino a la prevalencia de un conocimiento que resultó exitoso para solventar una problemática en un grado escolar anterior, pero que no es posible adaptarlo a sus necesidades de aprendizaje actuales. De esta forma, los obstáculos epistemológicos son prenociones, conceptualizaciones erradas, interpretaciones inexactas e ideas matemáticas confusas que entorpecen la apropiación de un nuevo saber.

De acuerdo con lo anterior, en esta investigación los obstáculos epistemológicos se constituyen en tres categorías: la fijación de prenociones y conceptualizaciones que llevan al estudiante a situarse en afirmaciones erróneas respecto a un saber matemático; la interpretación inexacta de procesos de resolución de problemas que originan la obtención de resultados no exitosos, y la afinidad del docente con la incorporación de herramientas digitales como parte de sus estrategias de enseñanza.

USO DE LAS TIC EN EL APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS

El desarrollo y la incorporación de las tecnologías digitales en la escuela han convertido a estas herramientas en elementos importantes para que los estudiantes comprendan y construyan conocimientos matemáticos (Leung, 2017) debido a que pueden ofrecer alternativas para que los estudiantes exploren información, realicen nuevas conjeturas y establezcan relaciones para resolver problemas (Santos y Camacho, 2018), de esta forma la presencia de las tecnologías ha rebasado las prácticas discursivas de la enseñanza de las matemáticas, consolidándose como medios alternos para mejorar el aprendizaje.

Expertos han analizado el uso de las TIC en el aprendizaje de las matemáticas (Santos y Camacho, 2013; Santos y Reyes, 2014; Leguizamón, Patiño y Suárez, 2015)

afirmando que su uso intencionado puede generar la consolidación de los conocimientos adquiridos en el aula y también la aparición de nuevos conocimientos a partir de procesos de indagación en medios digitales; en este sentido, Esparza (2018) menciona que en la asignatura de matemáticas es muy común que los estudiantes busquen ayuda cuando se presentan obstáculos de aprendizaje no solamente con sus profesores y compañeros, sino a través de espacios virtuales como internet, de esta forma, el uso de la tecnología puede auxiliar al estudiante para que mediante la búsqueda de recursos como foros, *blogs*, redes sociales o repositorios de videos encuentre información para depurar las incertidumbres relacionadas con las lecciones impartidas por el docente.

De igual forma, investigaciones realizadas por Van de Sande (2011), Cardoso, Kato y Oliveira (2014), Aguilar y Puga (2015), Fiallo (2015) y Santos y Moreno (2016) han evidenciado que los estudiantes utilizan una amplia gama de recursos digitales para reconceptualizar, reinterpretar y reorientar sus conocimientos matemáticos, situación que les permite hacer contrastaciones cognitivas respecto a la forma de interpretar un concepto, o bien de un procedimiento que les genera resultados no esperados.

Por otra parte, las tecnologías tienen la capacidad de promover formas de pensar que difieren de aquellas que se llevan a cabo al utilizar otros elementos como el plumón y el pizarrón, debido a que las actividades de aprendizaje mediadas por herramientas digitales actúan como amplificadores y reorganizadores de la cognición (Barrera y Reyes, 2018); lo anterior implica que al utilizarlas se favorece la generación de nuevas situaciones de aprendizaje.

Así, una manera para contribuir con el rompimiento de los obstáculos epistemológicos es que el docente encamine el uso de las tecnologías para apoyar los procesos académicos (Palma y Sarmiento, 2015), sobre todo en el escenario actual en el que las instituciones educativas y los estudiantes tienen un mayor acercamiento con computadoras, tabletas, *smartphones* e internet, con los que pueden acceder a diversas fuentes de información.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso de las tecnologías en la educación es un aspecto de gran importancia en la formación de los estudiantes, ya que estas herramientas se han constituido como un recurso para potenciar el aprendizaje (Salat, 2013). En el escenario de las matemáticas, incorporar las tecnologías puede proveer formas de razonar que difieren de aquellas que se llevan a cabo durante la interacción en el aula debido a que el uso pedagógico de dispositivos digitales puede modificar las estructuras mentales al ampliar y reorganizar los recursos cognitivos de los sujetos (Barrera y Reyes, 2018).

Lo anterior puede originar un rompimiento de los obstáculos en el aprendizaje tales como el anclaje de conceptos y métodos ineficientes para resolver problemas matemáticos que fueron interiorizados en procesos de formación anteriores, o bien

para permitir hacer una reinterpretación de los conocimientos adquiridos en el aula. Con la premisa de favorecer ese rompimiento, la institución educativa en donde se desarrolló esta investigación motivó a sus docentes para diseñar estrategias pedagógicas mediadas por las tecnologías en los procesos de enseñanza.

Con base en la formulación del problema, el objetivo de esta investigación fue analizar desde la percepción del estudiante el impacto del uso de las TIC para favorecer el rompimiento de anclajes conceptuales y procedimentales ineficientes, la reinterpretación de saberes para la resolución de problemas y la afinidad del docente con la mediación de estrategias de enseñanza relacionadas con el aprovechamiento de dispositivos digitales.

APUNTE METODOLÓGICO

Esta investigación se abordó desde un diseño no experimental descriptivo con un enfoque cuantitativo mediante un proceso formal, objetivo y sistemático para obtener información cuantificable (Berardi, 2015), basado en encuestas de opinión (Fowler, 2014). Se elaboró un instrumento de acopio de información denominado “Uso de la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de bachillerato”, el cual fue aplicado a 207 sujetos.

Diseño del instrumento

La técnica utilizada fue la encuesta, se diseñó un instrumento compuesto por 18 ítems organizados de la siguiente forma: en un primer bloque (1-4) se utilizaron preguntas de opción múltiple para conocer los datos generales de los estudiantes, así como sus afinidades con el uso de dispositivos digitales y aplicaciones; en el segundo (5-8) se indagó sobre la percepción del uso de las tecnologías para modificar la fijación de conocimientos previos; en el tercero (9-12), las interpretaciones de conceptos y procesos matemáticos, y en el cuarto (13-16) se recabó la opinión sobre las cualidades de los docentes usuarios de las TIC.

Se utilizó una escala tipo Likert de 4 puntos ya que las encuestas aplicadas de esta forma han mostrado tener un rendimiento muy aceptable en las experiencias investigativas (Blanco y Alvarado, 2005). Finalmente se emplearon preguntas abiertas (17-18) para identificar las opiniones acerca de las ventajas y desventajas del uso de herramientas tecnológicas en el aprendizaje de las matemáticas.

Validación y pilotaje del instrumento

Para validar el instrumento se utilizó el método Delphi desarrollado por Linstone y Turoff (2012), adecuado para la investigación en educación (Cabero y Barroso, 2013; Cabero e Infante, 2014) y simplificado por George y Trujillo (2018), el cual utiliza a expertos en el tema de la investigación y consta de dos etapas: en la primera se evalúa

la claridad y pertinencia de los ítems con respecto del objeto de estudio; en la segunda se realizan sugerencias para mejorar la redacción final del instrumento.

Para aplicarlo se solicitó la participación de 12 docentes con experiencia en la integración de las TIC en la enseñanza de las matemáticas, el resultado permitió eliminar tres ítems que fueron considerados redundantes. Para analizar la confiabilidad se aplicó el instrumento a un grupo de 30 estudiantes, obteniendo un coeficiente de Alfa de Cronbach con valor de 0.901, que de acuerdo con O'Dwyer y Bernaur (2014) es elevado y suficiente para estimar como positiva la consistencia interna de la encuesta.

Selección de la muestra

La muestra fue intencional y seleccionada mediante muestreo no probabilístico por accesibilidad, constó de 207 sujetos con edades comprendidas entre los 15 y 19 años, de los cuales 114 (55.08%) fueron mujeres y 93 (44.92%) hombres. Al momento de la investigación cursaban por primera vez diferentes asignaturas de matemáticas de bachillerato en una institución privada en la que a través de su modelo educativo se fomentan experiencias de aprendizaje con el uso de las tecnologías. La encuesta se proporcionó durante el periodo escolar agosto-diciembre del 2018 mediante un formulario electrónico aplicado de forma presencial en diciembre del 2018 con el apoyo de los docentes titulares de las asignaturas que se muestran en la tabla 1. Cabe mencionar que las estrategias de enseñanza basadas en TIC son implementadas en cada semestre de acuerdo con las propuestas realizadas por los docentes en reuniones de academia antes de iniciar cada ciclo escolar.

Tabla 1. Participación de estudiantes en la investigación.

Asignatura	Estrategia basada en TIC utilizada	Alumnos participantes
Fundamentos de matemáticas	Aula invertida	81
Principios de modelación matemática	Gamificación	48
Cálculo II	Aula invertida	36
Trigonometría e introducción a la estadística	ABP con apoyo de videos	42

Fuente: Elaboración propia.

Procesamiento de la información

Para procesar los datos recogidos se descargó la hoja de matriz de información del formulario electrónico, se migró al software Microsoft Excel 2013 365 ProPlus y se exportó al software especializado SPSS versión 22 para su tratamiento estadístico (ítems 5-16); para analizar las preguntas abiertas (ítems 17-18) se codificaron las repuestas de los estudiantes para buscar coincidencias en sus microdiscursos y con

ello generar un mapa semántico con la herramienta Atlas.ti versión 7.1.0, con el fin de sintetizar sus percepciones respecto a las ventajas y desventajas de usar las tecnologías para romper obstáculos epistemológicos en el aprendizaje de las matemáticas.

RESULTADOS

Como primer punto se abordan los hábitos con el uso de las tecnologías (ver figura 1). El 53% de los estudiantes utiliza el *smartphone* como medio para el aprendizaje de las matemáticas, lo que confirma la apreciación de Domínguez, Organista y López (2018) respecto a que este dispositivo se ha incorporado de forma cada vez más importante en la educación, desplazando a otros tipos de dispositivos como la *laptop* (31%) y la *tablet* (9%) y dejando cada vez más cerca del desuso a las computadoras de escritorio (5%).

En cuanto a las aplicaciones, en la figura 2 puede observarse que la más utilizada por los estudiantes es el reproductor de videos en línea de YouTube (58%), seguida por aplicaciones de desarrollo de contenido interactivas (Kahoot o Photomath, 24%), el sistema de gestión de aprendizaje institucional es utilizado con menor frecuencia (Blackboard, 14%), mientras que las aplicaciones no interactivas (documentos digitales, infografías o presentaciones) son escasamente ocupadas (4%).

Por otra parte, respecto a la importancia del uso de las TIC para romper la fijación de conocimientos conceptuales y procedimentales imprecisos, los estudiantes perciben que usar las tecnologías les ha permitido hacer una corrección sobre sus conocimientos conceptuales previos (ítem 5, $\bar{X} = 3.530$), aunque se aprecia cierta dificultad para corregir procedimientos (ítem 6, $\bar{X} = 3.214$), es probable que esta diferencia se deba a que primero es necesario afianzar conceptualmente los saberes matemáticos para posteriormente ponerlos en práctica en procesos para la resolución de problemas.

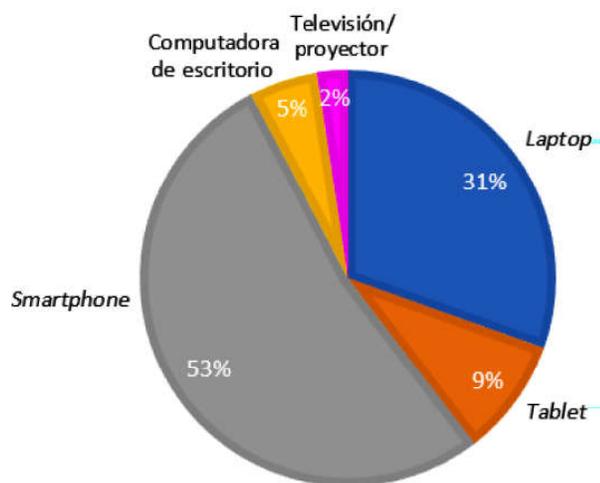


Figura 1. Uso de los dispositivos digitales.

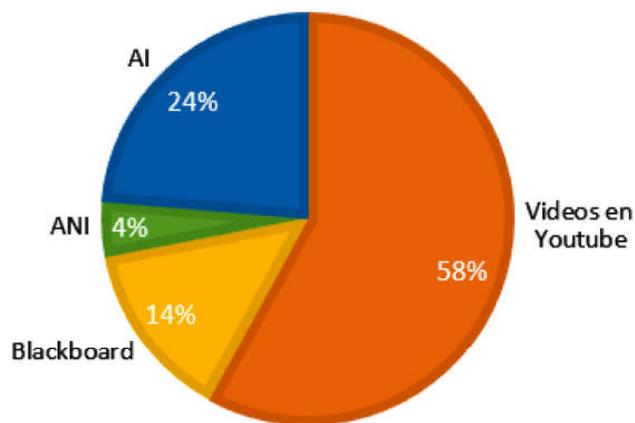


Figura 2. Uso de aplicaciones digitales.

Se puede observar que existe una mayor dispersión en las opiniones respecto a conocer formas más eficientes de resolver problemas usando medios digitales (ítem 7, $\bar{X} = 3.102$, $\sigma = 1.271$), lo que sugiere que los estudiantes deciden consolidar las enseñanzas del docente antes de buscar respuestas alternativas para resolver las actividades de la asignatura, mientras que la percepción mejor puntuada y con menor dispersión fue acerca de la percepción de que se pueden adquirir nuevos conocimientos con las TIC (ítem 8, $\bar{X} = 3.601$, $\sigma = 0.740$, ver tabla 2).

Tabla 2. Categoría 1. Anclaje de conocimientos previos.

Ítem	\bar{x}	σ
5. Después de usar los contenidos digitales proporcionados por el docente he podido rectificar mi conocimiento sobre un concepto matemático	3.530	0.571
6. Después de usar los contenidos digitales proporcionados por el docente he podido corregir un procedimiento para resolver un problema matemático	3.214	0.859
7. Usar la tecnología me ha permitido conocer la forma más eficiente para resolver problemas matemáticos	3.102	1.271
8. Usar la tecnología me permite adquirir nuevos conocimientos en la materia de matemáticas	3.601	0.740

Nota: n = 207, número de estudiantes que responden a la escala Likert (1-4 puntos).

Fuente: Elaboración propia.

La segunda categoría pretende conocer la valoración sobre el uso de las TIC para modificar interpretaciones sobre los temas de la asignatura; los resultados en la tabla 3 dejan entrever que los estudiantes tienen una percepción positiva respecto a la ventaja de disponer de una mayor información para resolver correctamente

Tabla 3. Categoría 2. Interpretación del saber.

Ítem	\bar{x}	σ
9. Usar la tecnología me ha facilitado interpretar correctamente los temas de matemáticas	3.453	0.739
10. Cuando tengo confusión en el aprendizaje de un tema uso la tecnología para buscar aclararlo	3.030	1.430
11. Usar las tecnologías me permite tener más información para poder resolver de forma correcta ejercicios matemáticos	3.730	0.981
12. Considero que se puede saber más de matemáticas usando las tecnologías que sin ellas	3.317	1.354

Nota: n = 207, número de estudiantes que responden a la escala Likert (1-4 puntos).

Fuente: Elaboración propia.

ejercicios de matemáticas, así como para comprender algunos temas (ítem 11, $\bar{x} = 3.730$; ítem 9, $\bar{x} = 3.453$), sin embargo existen discrepancias en cuanto a que puedan usarse para resolver confusiones en el aprendizaje (ítem 10, $\sigma = 1.430$) o bien para saber más acerca del tema (ítem 12, $\sigma = 1.354$), lo anterior demuestra que si bien las tecnologías son una herramienta poderosa para robustecer los contenidos de matemáticas, la habilidad y el conocimiento del maestro para mirar profesionalmente el pensamiento matemático del estudiante será el acto más importante en el éxito del aprendizaje (Zapatera y Callejo, 2018).

En los resultados de las percepciones de los docentes usuarios de las TIC (ver tabla 4) se identificó que existe una percepción favorable respecto a que las estrategias de enseñanza que ha diseñado han permitido mejorar los aprendizajes de los estudiantes (ítem 15, $\bar{x} = 3.548$), sin embargo existen discrepancias considerables respecto a que tenga las habilidades tecnológicas suficientes para enseñar con las TIC (ítem 13, $\bar{x} = 3.065$, $\sigma = 1.206$), así como para utilizar de forma eficiente la plataforma de gestión de aprendizaje contratada por la institución educativa (ítem 14, $\bar{x} = 3.013$, $\sigma = 1.220$). Al respecto se debe reconocer que la labor del docente se hace más compleja debido a que ya no solamente necesita tener un conocimiento suficiente en el campo de las matemáticas (Zapatera y Callejo, 2018), sino que también debe actualizar constantemente sus habilidades digitales para tener un mejor aprovechamiento de las dinámicas de interacción mediadas tecnológicamente (Castañeda, 2019).

Tabla 4. Categoría 3. Percepciones acerca de los docentes usuarios de las TIC.

Ítem	\bar{x}	σ
13. El docente tiene la habilidad tecnológica suficiente para usar herramientas digitales para enseñar matemáticas	3.065	1.206
14. El docente usa Blackboard de forma eficiente para favorecer el aprendizaje de las matemáticas	3.013	1.220
15. Las estrategias de enseñanza con las TIC que ha diseñado el docente me han permitido mejorar el aprendizaje de las matemáticas	3.548	0.542
16. Los materiales digitales que elabora el docente me facilitan aprender conceptos matemáticos	3.206	0.920

Nota: n = 207, número de estudiantes que responden a la escala Likert (1-4 puntos).

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de identificar la relación entre el anclaje de conocimientos y la interpretación de saberes (ítems 1-12) con la percepción de los alumnos acerca de la eficiencia con la que los docentes usan las tecnologías en la enseñanza de las matemáticas (ítems 13-16), se aplicó la prueba para obtener el coeficiente de correlación de Pearson (ver

tabla 5), encontrando que existe una relación positiva entre la interpretación de los temas usando tecnologías y la habilidad tecnológica del docente ($r = .804$), el acceso a la información con la elaboración de materiales digitales ($r = .729$), así como entre la facilidad para interpretar los temas usando tecnología ($r = .702$) y la corrección de procedimientos ($r = .791$) con las estrategias de enseñanza con las TIC diseñadas por el docente. Lo anterior significa que existe un rompimiento de obstáculos y en consecuencia una tendencia en la mejora de los aprendizajes en la medida que aumentan las percepciones del alumno de un uso intencionado de las tecnologías por los docentes.

Tabla 5. Correlación entre “anclaje de conocimientos e interpretación de saberes” con “percepción acerca de los docentes que usan TIC”.

Ítems	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	.314**										
7	.605**	.463**									
8	.547**	.454**	.195*								
9	.146*	.201**	.212**	.602**							
10	.467**	.316**	.519**	.362**	.644**						
11	.541**	.404**	.603**	.185*	.541**	.198*					
12	.518**	.270**	.118**	.323**	.618**	.448**	.473**				
13	.444**	.557**	.465**	.730**	.804**	.380**	.463**	.395**			
14	.485**	.435**	.615**	.647**	.393**	.624**	.225**	.529**	.203**		
15	.565**	.791**	.473**	.564**	.702**	.622**	.528**	.315**	.363**	.376**	
16	.571**	.315**	.370**	.207**	.422**	.601**	.729**	.683**	.407**	.302**	.359**

Nota: n = 207, * $p < .05$, ** $p < .01$.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se analizaron las apreciaciones de los estudiantes (ítems 17-18) respecto a las ventajas y desventajas de usar las tecnologías como mediadoras en la formulación de nuevos conocimientos, para ello se utilizó la metodología de la codificación abierta, axial y selectiva (Strauss y Corbin, 2002), desde la cual surgieron algunas categorías, las cuales sugieren que si bien las actividades de aprendizaje con TIC aportan mayor información, son una alternativa para resolver sus dudas y permiten verificar la forma en la que se resuelven ejercicios, siempre es necesario el apoyo del docente como regulador del conocimiento sobre los conceptos y procedimientos, la estructuración de las ideas, las conexiones entre los conceptos, la razón y el origen de los procedimientos, así como de cualquier forma de proceder en matemáticas (Vasco y Climent, 2018).

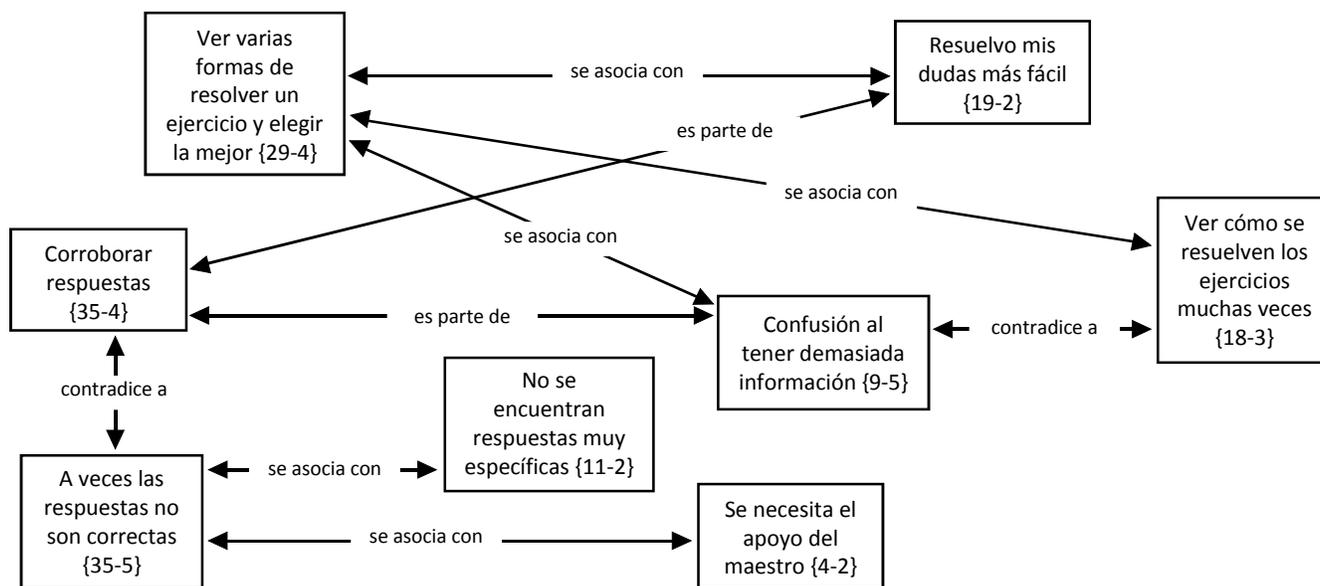


Figura 3. Interrelaciones entre las ventajas y desventajas de usar las TIC en la formulación de nuevos conocimientos.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación realizada evidencian que los estudiantes suelen utilizar las tecnologías con el fin de hacer correcciones conceptuales y procedimentales de aquellos conocimientos matemáticos que de alguna forma representan obstáculos para la generación de nuevos conocimientos, lo anterior permite despertar el interés por el aprendizaje, es decir, utilizan los medios educativos como un instrumento de apoyo para el estudio.

En cada una de las categorías analizadas: anclaje de conocimientos previos, interpretación del saber y percepciones acerca de los docentes usuarios de las TIC, se encontró que existe cierta afinidad por agilizar el proceso de enseñanza-aprendizaje utilizando herramientas tecnológicas, de igual forma se observó que si bien las tecnologías han posibilitado un cambio en la educación de los estudiantes de bachillerato, son los docentes quienes han aprovechado las propiedades innovadoras de estas herramientas.

Las declaraciones de los estudiantes sugieren que algunos de ellos buscan ayuda de tipo instrumental basada en la obtención de la solución a un problema matemático, así como en la comprensión de los procedimientos para entender paso a paso cómo resolver un ejercicio, o bien para conocer alternativas de solución, sin embargo,

también manifiestan que la información muchas veces es excesiva o inexacta, lo que les provoca conflictos de entendimiento.

Si bien existen beneficios percibidos para usar las tecnologías como fuente de ayuda para superar obstáculos de aprendizaje tales como el acceso a información ilimitada o la presencia de canales de videos especializados en contenidos de matemáticas, también existen limitantes como la gran cantidad de recursos disponibles y la necesidad de contar con la explicación del maestro para darle sentido e interpretación a esos recursos.

Por lo anterior, incorporar la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas ha significado para los docentes la oportunidad no solamente de desarrollar de forma disruptiva sus procesos de enseñanza, sino también de ofrecer al estudiante la posibilidad de reconceptualizar y corregir aquellas interpretaciones inexactas sobre procesos matemáticos que le impiden lograr éxito escolar. Debe enfatizarse que no se trata de un mero ejercicio para agregar a las estrategias de enseñanza dispositivos tecnológicos de forma indiscriminada, se trata de hacer una selección precisa de contenidos digitales, y mejor aún, de crear contenidos para reorientar el aprendizaje hacia conocimientos precisos para tener un mejor desempeño escolar.

En el contexto de esta investigación se confirmó que las tecnologías adquieren el rol de instrumentos mediadores para superar obstáculos en el aprendizaje, sin embargo, para que se logre la incorporación de dispositivos digitales es necesario que el docente sea un orientador y motivador de sus estudiantes, para que de forma didáctica e intencionada utilicen las TIC y sirvan para generar nuevos conocimientos; así, incorporar la tecnología como herramienta para superar obstáculos epistemológicos implica diseñar metodologías orientadas no solamente en aumentar la usabilidad de las TIC en el aula, sino en fomentar su uso como recursos para mejorar el aprendizaje de los temas y construir puentes cognitivos que permitan al estudiante aprender por sí mismo a través del acceso a contenidos contextualizados de conceptos y procedimientos que originen interpretaciones eficientes para resolver problemas matemáticos.

Por último, se reconoce como una limitación de este estudio el abordaje cuantitativo desde el que se proyectan los resultados, de igual forma, debido a que participaron 207 estudiantes no se pueden generalizar los hallazgos, no obstante la investigación sí provee información que puede dar lugar a nuevos estudios en que se analice a una población más extensa y diversa, asimismo se puede complementar metodológicamente con futuras investigaciones en que se utilice el enfoque cualitativo, en especial aplicando la técnica de la entrevista con el fin de analizar desde la propia voz de los estudiantes los distintos aspectos explorados en este documento.

REFERENCIAS

- Aguilar, M. y Puga, D. (2015). Mobile help-seeking in mathematics: An exploratory study with Mexican engineering students. En H. Crompton y J. Traxler (eds.). *Mobile learning in mathematics: Foundations, design, and case studies* (pp. 176-186). Nueva York: Routledge.
- Bachelard, G. (1987) *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI.
- Barrera, F. y Reyes, A. (2018). El rol de la tecnología en el desarrollo de entendimiento matemático vía la resolución de problemas. *Educatio Siglo XXI*, 36(3), 41-72.
- Berardi, L. (2015). La investigación cuantitativa. En Abero, L., Berardi, L., Capcasale, A., Garcías, S. y Rojas, R. *Investigación educativa. Abriendo puertas al conocimiento*. Montevideo: Camus Editores.
- Blanco, N. y Alvarado, M. (2005). Escala de actitud hacia el proceso de investigación científico social. *Revista de Ciencias Sociales*, 11(3), 537-544.
- Brousseau, G. (1976). La problématique et l'enseignement des mathématiques. *XXVIIIème Rencontre de la CIEAEM*, Louvain la Neuve, Bélgica.
- Brousseau, G. (1983). Obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 4(2), 165-198.
- Brousseau, G. (1986). *Theorisation des Phenomenes d'Enseignement des Mathématiques*. Burdeos, Francia: These d'Etat.
- Brousseau, G. (1989). *Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques*. En N. Bednarz y C. Garnier. *Construction des savoirs. Obstacles et conflits* (pp. 41-63). Ottawa: CIRADE Les éditions Agence d'Arcinc.
- Butto, C. y Rojano, T. (2010). Pensamiento algebraico temprano: el papel del entorno Logo. *Educación Matemática*, 22(3), 55-86.
- Cabero, J. e Infante, A. (2014). Empleo del método Delphi y su empleo en la investigación en comunicación y educación. *EDUTECH, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (48), 1-16.
- Cabero, J. y Barroso, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC: el coeficiente de competencia experta. *Bordón. Revista de Ppedagogía*, 65(2), 25-38.
- Cajaraville, J., Cachafeiro, L., Fernández, T., Ferro, P. y Salinas, M. (2012). *Problemática didáctica del estudio del álgebra en educación secundaria*. Santiago de Compostela: Imprenta Universitaria.
- Camargo, L. y Sandoval, I. (2017). Acceso equitativo al razonamiento científico mediante la tecnología. *Revista Colombiana de Educación*, (73), 179-211.
- Cardoso, V., Kato, L. y Oliveira, S. (2014). Where to learn math? A study of access to an educational channel on YouTube. *International Journal for Research in Mathematics Education*, 4(3), 14-29.
- Castañeda, L. (2019). Debates sobre tecnología y educación: caminos contemporáneos y conversaciones pendientes. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 29-39.
- Darlington, E. (2017). Coping styles of new undergraduate mathematicians. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 11(1), 5-17.
- Domínguez, C., Organista, J. y López, M. (2018). Diseño instruccional para el desarrollo de contenidos educativos digitales para teléfonos inteligentes. *Apertura*, 10(2), 80-93.
- Esparza, D. (2018). Uso autónomo de recursos de Internet entre estudiantes de ingeniería como fuente de ayuda matemática. *Educación Matemática*, 30(1), 73-91.
- Fernández, E. y Molina, M. (2016). Indagación en el conocimiento conceptual del simbolismo algebraico de estudiantes de secundaria mediante la invención de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 53-71.
- Fernández, E. y Molina, M. (2018). Ejemplos y definiciones de ecuaciones: una ventana hacia el conocimiento conceptual de estudiantes de secundaria. *PNA*, 12(3), 147-172.
- Fiallo, J. (2015). Acerca de la investigación en educación matemática desde las tecnologías de la información y la comunicación. *Actualidades Pedagógicas*, (66), 69-83.
- Flores, W. y Azumendi, E. (2016). Los problemas de comprensión del álgebra en estudiantes universitarios. *Ciencia e interculturalidad*, 19(2), 54-64.
- Fowler, F. (2014). *Survey research methods* (5a. ed.). California: Sage.
- Geiger, V., Goos, M. y Dole, S. (2015). The role of digital technologies in numeracy teaching and learning. En N. S. Council (ed.) *International Journal of Science and Mathematics Education* (pp. 1115-1137).

- George, C. y Trujillo, L. (2018). Aplicación del método Delphi modificado para la validación de un cuestionario de incorporación de las TIC en la práctica docente. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 11(1), 113-134.
- Giné, C. y Deulofeu, J. (2015). Creencias de profesores y estudiantes de profesor de educación primaria y secundaria sobre los problemas de matemáticas. *Journal of Research in Mathematics Education*, 4(2), 161.
- Grisvard, C. y Léonard, F. (1983). Résurgence de règles implicites dans la comparaison des nombres décimaux. *Bulletin de l'APMEP*, 340, 450-459.
- Hernández, C., Prada, R. y Ramírez, P. (2017). Obstáculos epistemológicos sobre los conceptos de límite y continuidad en cursos de cálculo diferencial en programas de ingeniería. *Perspectivas*, 2(2), 73-83.
- Lamana, M. y De la Peña, C. (2018). Rendimiento académico en matemáticas. Relación con creatividad y estilos de afrontamiento. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 23(79), 1075-1092.
- Lara, J. (2018). Algunos obstáculos que imposibilitan el aprendizaje efectivo de la matemática. *Investigación y Postgrado*, 33(1), 53-74.
- Leguizamón, J., Patiño, O. y Suárez, P. (2015). Tendencias didácticas de los docentes de matemáticas y sus concepciones sobre el papel de los medios educativos en el aula. *Educación matemática*, 27(3), 151-173.
- Leung, A. (2017). Exploring techno-pedagogic task design in the mathematics classroom. En A. Leung y A. Baccaglioni-Frank (eds.). *Digital technologies in designing mathematics education tasks* (pp. 3-16). Suiza: Springer.
- Linstone, H. y Turoff, M. (2012). *The Delphi method: Techniques and applications*. Michigan: Addison-Wesley Educational Publishers Inc.
- O'Dwyer, L. y Bernauer, J. (2014). *Quantitative research for the qualitative researcher*. California: Sage.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2016). *PISA 2015. Resultados clave*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>.
- Palma, C. y Sarmiento, R. (2015). Estado del arte sobre experiencias de enseñanza de programación a niños y jóvenes para el mejoramiento de las competencias matemáticas en primaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 20(65), 607-641.
- Pérez, M., Diego, J., Polo, I. y González, M. (2019). Causas de los errores en la resolución de ecuaciones lineales con una incógnita. *PNA*, 13(2), 84-103.
- Perrin, M. (1986). Représentation des fractions et des nombres décimaux chez des élèves du CM2 et du Collège. *Cahier de Didactique des Mathématiques*, 24, 101-116.
- Pizón M., y Gallardo, A. (2000). Semántica versus sintaxis en la resolución de ecuaciones lineales. *Educación Matemática*, 12(2), 81-96.
- Recalde, L. y Henao, S. (2018). Los obstáculos epistemológicos en el desarrollo histórico de las ecuaciones diferenciales ordinarias. *Revista ELA*, 15(29), 1-13.
- Rodríguez, S., Molina, M., Cañadas, M. y Castro, E. (2015). Errores en la traducción de enunciados algebraicos entre los sistemas de representación simbólico y verbal. *PNA*, 9(4), 273-293.
- Salat, R. (2013). La enseñanza de las matemáticas y la tecnología. *Innovación Educativa*, 13(62), 61-74.
- Santos, M. y Camacho, M. (2013). Framing the use of technology in problem solving approaches. *The Mathematics Enthusiast*, 10(1-2), 279-302.
- Santos, M. y Camacho, M. (2018). La resolución de problemas matemáticos y el uso de tecnología digital en el diseño de libros interactivos. *Educatio Siglo XXI*, 36(3), 21-40.
- Santos, M. y Moreno, L. (2016). The use of digital technology to frame and foster learners' problem-solving experiences. En P. Felmer, E. Pehkonen y J. Kilpatrick (eds.). *Posing and Solving Mathematical Problems. Advances and new perspectives*. Suiza: Springer.
- Santos, M. y Reyes, I. (2014). The coordinated use of digital technology in learning environments. En L. Uden et al. (eds.). *Learning technology for education in cloud* (pp. 61-71). Nueva York: Springer.
- Sawyer, A. G. (2018). Factors influencing elementary mathematics teachers, beliefs in reform-based teaching. *The Mathematics Educator*, 26(2), 26-53.
- Strauss, A. y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Colombia: Universidad de Antioquia.
- Van de Sande, C. (2011). A description and characterization of student activity in an open, online mathematics help forum. *Educational Studies in Mathematics*, 77(1), 53-78.

Vasco, D. y Climent, N. (2018). El estudio del conocimiento especializado de dos profesores de álgebra lineal. *PNA*, 12(3), 129-146.

Zapatera, A. y Callejo, M. (2018). El conocimiento matemático y la mirada profesional de estudiantes para maestro en el contexto de la generalización de patrones. Caracterización de perfiles. *Revista Complutense de Educación*, 29(4), 1217-1235.

Cómo citar este artículo:

George Reyes, C. E. (2020). Reducción de obstáculos de aprendizaje en matemáticas con el uso de las TIC. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 11, e697. doi: http://dx.doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v11i0.697.



Todos los contenidos de *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH* se publican bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional, y pueden ser usados gratuitamente para fines no comerciales, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia.