

Relación entre desempeño y retroalimentación de errores algebraicos con TIC

Cristina Eccius-Wellmann
Karla Paulina Ibarra-González
Rebeca Ascencio González

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la relación entre el número de ejercicios matemáticos contestados por los alumnos en un programa por computadora (MathUP®) y el desempeño. El programa dirigido a la Generación Net ofrece una retroalimentación inmediata sobre la causa del error cometido, pudiendo verificar su aprendizaje en nuevos ejercicios similares. El diseño fue cuasiexperimental con 400 alumnos de primer ingreso a las carreras administrativas de la universidad sede. Se les aplica un pretest y un posttest de ejercicios aritméticos y algebraicos y se calcula la diferencia entre los desempeños. Se encuentra que el número de ejercicios practicados en MathUP® por los alumnos influye significativamente en el valor de la diferencia, la cual representa una medida de la corrección de errores y,

Abstract

The aim of this study was to determine the relationship between the number of exercises answered by students in MathUP®, a computer program, and performance. The program is directed to the Net Generation and offers immediate feedback on the cause of the mistake committed, with the possibility to verify their knowledge with similar new exercises. The design is quasi-experimental with the 400 freshmen in the administrative careers of the host university. A pretest and posttest of arithmetic and algebraic exercises are applied and the difference between the results is calculated. It is found that the number of exercises practiced in MathUP® by students significantly influences the value of the difference, which represents a measure of the correction of errors and therefore an increase in academic performance. A

CRISTINA ECCIUS-WELLMANN, KARLA PAULINA IBARRA-GONZÁLEZ, REBECA ASCENCIO GONZÁLEZ. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Panamericana, México. Contacto: [ceccius@up.edu.mx]

Revista Intercontinental de Psicología y Educación, vol. 22, núm. 1, enero-junio 2020, pp. 43-65.
Fecha de recepción: 7 de mayo de 2020 | Fecha de aceptación: 14 de septiembre de 2020.

por consiguiente, un aumento en el rendimiento académico. Se midió la opinión de la Generación Net sobre MathUP® por medio de una encuesta de satisfacción.

PALABRAS CLAVE

TIC, error algebraico, retroalimentación, rendimiento académico

questionnaire of satisfaction and use of the platform is also applied to the Net Generation.

KEYWORDS

ICT, algebraic errors, feedback, academic performance

Es un hecho evidente en sí mismo que las nuevas generaciones de estudiantes presentan actitudes y comportamientos diferentes de los que presentaban generaciones anteriores. Este fenómeno, en vez de ser paulatino, se ha acelerado a lo largo de la última década. A fines del siglo XX se dio a conocer el concepto *Generación Net (Net Gen)* o del *Milenio* (Tapscott, 1998), con lo que se propusieron diversos modelos de enseñanza apropiados para tal generación (Oblinger y Oblinger, 2005). De entre las actitudes y conductas observadas a lo largo de una década, tenemos dispuesta poca atención en clase y, de manera constante, una clara urgencia —a veces rayana en compulsión— de utilizar el teléfono celular y la conexión a la internet para acceder a las redes sociales. Un estudio realizado en 2012 mostró que el estudiante típico consulta su teléfono celular, en promedio, cada seis minutos (Lara-Barragán, 2012).

Por otro lado, el estudio recién mencionado revela que la práctica docente muestra un rezago importante ante la problemática esbozada. Pareciera que la clase de exposición es el único procedimiento didáctico y que la pretendida introducción de recursos modernos e innovadores, como las presentaciones de temas en *PowerPoint*, se reduce a sustituir el pizarrón por el cañón y la pantalla, con lo que la clase se desarrolla, ahora, con las características de una conferencia magistral.

Todo ello ha motivado la realización de este trabajo, en el que se presenta un caso concreto donde se ha podido mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de carreras administrativas mediante la aplicación de un programa de computadora del tipo denominado *Computer-Aided Assessment* (CAA), que se ha registrado como MathUP®, con el cual los alumnos pueden practicar, evaluarse y ser retroalimentados sobre las causas de los errores algebraicos que cometen en los ejercicios planteados con la finalidad de que los superen. Así, los objetivos del estudio son:

1. Determinar la relación existente entre el número de ejercicios contestados por los alumnos en MathUP® y la diferencia en calificaciones entre pretest y postest.
2. Con el propósito de conocer mejor a la NETGEN, se realizó una encuesta de satisfacción y opinión sobre el programa MathUP y su uso.

La Generación Net

Durante los últimos 20 años se crearon las condiciones para que se diera uno de los más extraordinarios cambios socioculturales históricos con el advenimiento de las tecnologías de la información y de las comunicaciones, las TIC.

Una generación se compone por personas que “comparten características peculiares dado uno o varios criterios y que hacen que los miembros del grupo exhiban comportamientos similares” (Ferreiro, 2006:74). Para los propósitos del presente trabajo, se seguirá la sugerencia de Tapscott (1998) y se hará referencia a los estudiantes de esta investigación como miembros de la Generación Net o, simplemente, *Net Gen*. El tema de la *Net Gen* ha sido ampliamente estudiado. Por ejemplo, las mencionadas obras de Tapscott (1998) y de Oblinger y Oblinger (2005) se convirtieron en referencias obligadas para descubrir y entender a la *Net Gen*. En países de habla hispana destaca la obra de Padilla Lavín (2008), quien indica

que el mayor reto que enfrenta la educación universitaria está en la ruptura del paradigma tradicional de enseñanza-aprendizaje, especialmente por parte de los profesores, quienes deberán convertirse en “humildes estudiantes” que deben aprender lo necesario para lograr sintonizarse con sus estudiantes.

Por otro lado, Ferreiro (2006) asegura que el comportamiento y las actitudes de la *Net Gen* están condicionados por un conjunto de factores; el primero es el hecho de que las TIC han influenciado definitivamente las formas de pensar, sentir y hacer las cosas y, con ello, la estimulación que provoca en la persona en crecimiento, dado que, de acuerdo con el investigador, tal estimulación ha modificado el ritmo del desarrollo intelectual de los niños y los adolescentes. En tal contexto no es posible educar a la *Net Gen* sin el uso de las tecnologías que los unen y marcan como generación. Lo nuevo será la forma en que se usan los recursos para crear situaciones de aprendizaje centradas en el estudiante, que promuevan el autoaprendizaje, la construcción social de su conocimiento y el desarrollo de su pensamiento crítico y creativo mediante el trabajo cooperativo y el acceso directo a la información por el uso de recursos relacionados con las TIC, seleccionados para cada contenido y para cada objetivo de aprendizaje.

El aprendizaje desde la neurociencia

La neurociencia estudia el sistema nervioso en general y, entre sus objetivos de estudio, se encuentra la descripción del funcionamiento del cerebro humano. La investigación sistemática sobre el cerebro fue impulsada en los noventa, periodo que se denominó *Década del Cerebro* (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2002). Muchos fueron los hallazgos relacionados con el aprendizaje, algunos de los cuales reforzaron y complementaron ideas que ya se tenían con anterioridad. Nuestra propuesta es volver los ojos hacia recursos didácticos dirigidos específicamente a la *Net Gen* y fundamentados en aportaciones neurocientíficas. Hasta el momento de escribir estas líneas, dos de ellos son: el construc-

tivismo y algunos aspectos del conductismo (Kimble, 2000; Fox, 2001; Hansen y Monk, 2002).

El programa MathUP®, que se describe más adelante, sigue los lineamientos inferidos de los aportes neurocientíficos. Algunos de los aspectos considerados fueron: *a)* La plasticidad del cerebro, que significa que el cerebro continúa desarrollándose, aprendiendo y, sobre todo, cambiando su morfología a lo largo de toda la vida (Hansen y Monk, 2002); *b)* El aprendizaje implica un cambio relativamente permanente de estructuras especializadas (Anderson, 2000; Bransford, Brown y Cocking, 1999), y *c)* El proceso de aprendizaje está mediado por dos de los factores relacionados con el conductismo, la repetición continua de contenidos y retroalimentación inmediata y la facilitación por técnicas fundamentadas en el paradigma constructivista (Ertmer y Newby, 2013).

Errores algebraicos

Los errores algebraicos, según Radatz (1979), rara vez son por descuido; generalmente son indicios de pensamientos y concepciones equivocadas de los alumnos que expresan el carácter incompleto de su conocimiento (Rico, 1995). Del Puerto y Minnaard (2004) establecen que hay errores consistentes a nivel individual y a nivel colectivo. Se consideran errores consistentes a nivel individual aquellos en los cuales una persona responde regularmente con el mismo tipo de error a ejercicios similares; a nivel colectivo, cuando varias personas cometen errores semejantes o, incluso, iguales en un mismo ejercicio. Los errores consistentes (también llamados sistemáticos) a nivel colectivo son aquellos que pueden ser analizados, con mayor facilidad, para encontrar las causas que los provocan (Brousseau, Davis y Werner, 1986).

La investigación de errores en matemáticas ha pasado por varias etapas, desde un recuento de los errores, hasta el diagnóstico, clasificación y análisis de los errores desde el punto de vista de las causas probables de su incidencia (Malle, 1993; Nolte, 1991; Rico, 1995; Tietze, Kilka, y Wol-

pers, 2000; Pochulu, 2005; Eccius-Wellmann, 2008; Eccius-Wellmann e Ibarra, 2012; Cervantes y Martínez, 2013).

Al cometer un error, un alumno recibe del profesor, en general, la explicación del procedimiento correcto, sin que se ahonde en la causa misma del error, lo que según Pochulu (2005) es insuficiente, ya que dicho alumno no entenderá cuál fue el pensamiento o concepto equivocado y volverá a cometer el mismo error en un ejercicio similar (error consistente a nivel individual). De la Torre (2004), por su parte, propone enfrentar el error con una actitud positiva, de análisis y con un diseño de actividades que permitan la inclusión de errores en el proceso de aprendizaje. Considera que al alumno sí le interesa averiguar por qué se equivocó y corresponde al maestro usar ese interés didácticamente por medio de la retroalimentación.

La retroalimentación de los errores algebraicos puede resultar más efectiva si, según Rico (1995), se realiza con tecnología; es decir, que sea interactiva, que se retroalimiente inmediatamente después del error, y se oriente al alumno sobre el error que cometió y su posible causa.

MathUP®

Rosen y Tager (2014) afirman que, últimamente, se le ha dado gran importancia al desarrollo de ambientes basados en computadora, en los cuales se hace evidente el pensamiento y razonamiento de los alumnos. En su investigación, Huertas y Pantoja (2016) encontraron una mejora significativa en el rendimiento y la motivación de los alumnos cuando los alumnos utilizaban TIC para las clases.

En este sentido, fue creado MathUP®, un programa de computadora basado en internet, un CAA que aprovecha, por un lado, la evidencia de un razonamiento equívoco y, por el otro, el interés de los alumnos por conocer las causas de sus errores con el fin de superarlos. Las respuestas a las preguntas de opción múltiple están diseñadas de manera que la mayoría de los alumnos encuentren su respuesta, equivocada o no, entre ellas.

Para las respuestas singulares o a nivel individual, MathUP® contempla la opción “No encuentro mi respuesta”. Esto permite dar una retroalimentación significativa y oportuna, justo en el momento adecuado y a la respuesta emitida (Nicol, Thomson y Breslin, 2014).

Al elegir el alumno una respuesta equivocada, el programa no sólo le señala el hecho de que está mal y le indica cómo se resuelve, simplifica o grafica, sino que, en primer lugar, le retroalimenta sobre cuál fue su error y cuál fue la causa u origen probable de éste. También le proporciona, en la medida posible, un ejemplo y un contraejemplo. Al terminar de leer la explicación de la probable causa de su error y el proceso correcto, se proporciona un nuevo ejercicio con literales y constantes cambiadas aleatoriamente, pero con la misma estructura, para que el alumno verifique si ha entendido el porqué del error que cometió en intentos anteriores y si ya puede contestar correctamente el ejercicio. Para acceder al siguiente ejercicio, se debe contestar correctamente el actual.

Según una aportación de Riera, Ardid, Gómez-Tejedor, Vidaurre y Meseguer-Dueñas (2018), las evaluaciones de exámenes vía plataformas pueden ser injustas para alumnos que las hicieron honestamente en comparación con aquellos que se dejaron ayudar por otra persona. Aquí, cabe mencionar que, aunque MathUP® sea una plataforma que califica como correcto o incorrecto un ejercicio o problema, su uso primordial es proveer a los alumnos de una retroalimentación oportuna de sus errores.

MathUP® está estructurado con secuencias didácticas, en las cuales se sigue un ejercicio desde su primera concepción hasta ejercicios con mayor riesgo de error. Por ejemplo: para resolver la ecuación cuadrática: $x^2 - 4x + 3 = 0$, por factorización, el alumno tuvo que haber practicado desde la concepción de productos algebraicos (siete ejercicios), los productos notables (en este caso, los de término común) (tres ejercicios), la factorización de expresiones algebraicas que son factorizables por término común (diez ejercicios), hasta la resolución de ecuaciones cuadráticas por medio de la factorización (por término común) (cinco ejercicios).

Así como para este ítem el alumno tuvo que pasar por una serie de veinticinco ejercicios para llegar a la resolución de la ecuación cuadrática

por factorización, todos los ítems del test tienen una secuencia de ejercicios a responder relacionados con la misma estructura. Se considera que cada ejercicio de MathUP® contestado cuenta como un ejercicio de práctica. Para esta investigación, lo relevante es el número total de ejercicios respondidos por un alumno.

El diseño de MathUP® se fundamenta en que la *Net Gen* prefiere aprender por medio de la tecnología a la que puede acceder, prácticamente, a cualquier hora y en cualquier lugar, lo que le da libertad para ejercitarse bajo su propia administración de tiempo. Por su parte, la neurociencia sustenta que la práctica de una actividad y la retroalimentación inmediata sobre el desempeño de la persona en dicha actividad propician el aprendizaje de ésta. Aunado a ello, el constructivismo apoya el avance gradual del alumno a través de los conocimientos (Fox, 2001), los cuales van construyendo uno sobre otro gracias a la secuencia didáctica que el profesor le imprime a la forma en que el estudiante enfrenta las actividades de aprendizaje.

Como se sabe, el constructivismo comienza con los preconceptos de los alumnos. En el presente estudio, los participantes, estudiantes universitarios, llegan con una amplia variedad de errores conceptuales adquiridos a lo largo de su formación previa. Lo que la secuencia didáctica pretende es, en la retroalimentación inmediata, producir un desequilibrio —o conflicto cognitivo— para que el alumno sea capaz, por sí mismo, de superar el error del concepto correspondiente.

MathUP® responde a los hallazgos de la neurociencia, en cuanto a que, a mayor número de ejercicios practicados, el aprendizaje se adquiere para permanecer a más largo plazo (Ertmer y Newby, 2013).

El diseño de una realimentación eficiente fue posible porque, quienes redactaron dichas retroalimentaciones, poseen un conocimiento profundo de los errores sistemáticos que cometen los alumnos y de sus causas.

La tecnología proporciona ventajas como: el alumno se siente identificado con ella, se borran las barreras de tiempo y lugar y se pueden generar y mejorar de forma continua las actividades que dicho alumno realiza. Algunos prefieren recibir retroalimentación del programa para evitar pre-

guntar al profesor enfrente de sus compañeros, con la ventaja adicional de que pueden analizar con calma la retroalimentación y practicar tantas veces como sea necesario hasta lograr comprender el proceso correcto.

Para que se genere el mayor beneficio, el alumno tiene que sentirse atraído por MathUP®, por lo cual se estructuró de manera que los estudiantes puedan hacer el número de intentos para llegar a la respuesta correcta que requieran sin que esto les afecte en su calificación sobre la tarea propuesta. Si la tarea es terminada, tiene como calificación 100%. En MathUP® también se pueden diseñar exámenes que permiten un solo intento, que se califican. Los alumnos pueden revisar los ejercicios, con equivocación, o no, y leer las retroalimentaciones, después de realizar el examen.

Las retroalimentaciones sobre el error cometido pretenden ser precisas y concisas, enfocadas en los conceptos equivocados del alumno, de manera que pueda aprender de su error. Se trató de utilizar en las explicaciones un lenguaje comprensible para los alumnos y, en ciertos casos, coloquial.

Las figuras 1 a 4 muestran una secuencia del planteamiento de la resolución de una ecuación cuadrática por factorización; una respuesta equivocada del alumno; una retroalimentación de la posible causa de su error, y la forma correcta de resolver por factorización la ecuación planteada, un replanteamiento de un ejercicio con la misma estructura, pero con variables y números distintos que el mismo programa genera aleatoriamente, y la retroalimentación (en el sentido de reforzamiento) de la respuesta correcta.

La figura 1 muestra un ítem de resolución de una ecuación cuadrática por factorización (término común) y las opciones de respuesta.

Ecuaciones cuadráticas 34a - Planteamiento:

Resuelve la ecuación : $u^2 - 6u + 5 = 0$

Selecciona la respuesta correcta

$u_1 = -5, u_2 = 1$	<input type="checkbox"/>
$u_1 = -6, u_2 = 1$	<input type="checkbox"/>
<i>No encuentro mi respuesta</i>	<input type="checkbox"/>
$u_1 = 5, u_2 = 1$	<input type="checkbox"/>
$u_1 = -5, u_2 = -1$	<input type="checkbox"/>

Enviar respuesta

Figura 1. Planteamiento del primer intento y opciones de respuesta.
FUENTE: MathUP®.

La figura 2 ejemplifica la retroalimentación que manda el programa a la respuesta equivocada del alumno, la explicación de la posible causa del error y una breve explicación de la forma correcta de resolver la ecuación cuadrática por factorización.

Tu respuesta es incorrecta

Tu respuesta:

$$u_1 = -5, u_2 = 1$$

Explicación:

Probablemente seguiste este procedimiento:

ESTO ES INCORRECTO

$$u^2 - 6u = -5$$

$$u(u - 6) = -5$$

$$u_1 = -5,$$

$$u - 6 = -5, u_2 = 1$$

Factorizaste una expresión igualada a 5, lo cual es un procedimiento inadecuado para resolver ecuaciones cuadráticas. Recuerda que éstas deben estar igualadas a cero para resolverlas por factorización.

Aunque una de tus respuestas coincide con una de las correctas, fue una coincidencia, generada a partir de un proceso INCORRECTO. Ambas respuestas deben ser correctas para que el ejercicio esté bien resuelto.

Lo correcto es:

La expresión $u^2 - 6u + 5 = 0$ puede factorizarse como: $(u - 5)(u - 1) = 0$. Después se iguala cada factor a 0 y se despeja u :

$$u - 5 = 0, u_1 = 5$$

$$u - 1 = 0, u_2 = 1$$

Intentar nuevamente

Figura 2. Retroalimentación a la respuesta del primer intento, contestado incorrectamente.

FUENTE: MathUP®.

En la explicación del proceso correcto se omite (para abreviar) la justificación que se proporcionó con anterioridad a la resolución del producto de dos factores igualados a cero. En este ejercicio sólo se menciona la igualación de cada uno de los factores a cero para llegar a los valores de “u” que satisfacen la ecuación.

La figura 3 muestra un nuevo planteamiento con la misma estructura, pero constantes y variables distintas. Corresponde al segundo intento del alumno.

Ecuaciones cuadráticas 34a - Planteamiento: Intento 2

Resuelve la ecuación : $x^2 - 4x + 3 = 0$

Selecciona la respuesta correcta

$x_1 = -4, x_2 = 1$	<input type="checkbox"/>
$x_1 = -3, x_2 = 1$	<input type="checkbox"/>
$x_1 = -3, x_2 = -1$	<input type="checkbox"/>
$x_1 = 3, x_2 = 1$	<input type="checkbox"/>
No encuentro mi respuesta	<input type="checkbox"/>

Figura 3. Planteamiento del segundo intento y opciones de respuesta.
FUENTE: MathUP®.

Cuando el alumno, en su segundo intento, ha respondido correctamente, el programa despliega un reforzamiento del proceso correcto (figura 4).

Tu respuesta es correcta!

Tu respuesta:
 $x_1 = 3, x_2 = 1$

Explicación:
 ¡Correcto!
 La expresión $x^2 - 4x + 3 = 0$ puede factorizarse como $(x - 3)(x - 1) = 0$.
 Después se iguala cada factor a 0 y se despeja x :
 $x - 3 = 0, x_1 = 3$
 $x - 1 = 0, x_2 = 1$

Figura 4. Retroalimentación a la respuesta del segundo intento, contestado correctamente. FUENTE: MathUP®.

Dadas las características de la Generación Net y del Programa MathUP®, se pretende responder a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué relación existe entre la diferencia del pretest y postest con el número de ejercicios respondidos en MathUP® y la calificación del pretest?
- ¿Qué características de MathUP® son evaluadas favorablemente por los alumnos de la Generación Net mediante una encuesta de satisfacción?

Método

Se realizó un estudio mixto, con una parte cuantitativa y otra cualitativa. El estudio cuantitativo fue cuasiexperimental con grupos intactos, con intervención y con esquema de pre y post sin grupo de control. El estudio cualitativo constó de una encuesta de satisfacción sobre el uso de MathUP®.

PARTICIPANTES

Los alumnos participantes en esta investigación estaban inscritos en la materia de álgebra, impartida para estudiantes de las carreras administrativas en una universidad privada del área metropolitana de Guadalajara. Los de nuevo ingreso provienen en su mayoría de escuelas del área metropolitana de Guadalajara y del noreste de la República Mexicana, por lo que tienen conocimientos y habilidades matemáticos heterogéneos. La universidad ofrece, en el área de Administración, las carreras de Contaduría, Administración y Finanzas; Administración y Mercadotecnia; Administración y Dirección; Administración y Recursos Humanos, y Administración y Negocios Internacionales. Los alumnos eran, en su mayoría, de primer ingreso más algunos repetidores, que tomaron la materia durante el semestre de agosto a diciembre de 2015. Estaban distribuidos en 15 grupos, siendo 11 profesores los que impartieron la materia de álgebra a dichos grupos.

El total de alumnos que tuvo acceso a MathUP® Álgebra fue 400; de éste, 384 realizaron el pretest y de 307 se tiene el registro del pretest y postest.

A los profesores se les mostraron las bondades de MathUP®, pero se les dejó absoluta libertad para asignar las tareas que ellos consideraran necesarias e importantes; es decir, cada uno pudo asignar un número de ejercicios distinto. El propósito de esta libertad es parte del diseño del experimento, ya que se desea saber si el número de ejercicios respondidos por el alumno influye en la diferencia de puntaje entre el pretest y el postest. Los alumnos a quienes se les asignaron las tareas y repeticiones de éstas, pudieron cumplir o no con ellas o con una parte.

MathUP® permite revisar estadísticas del número de ejercicios respondidos por cada alumno. Una serie de todos los ejercicios que corresponden a los temas de los reactivos del pretest y del postest consta de 500 ejercicios. Toda repetición de tarea asignada por los profesores cuenta como ejercicios adicionales a esos 500.

A los 400 usuarios de MathUP® Álgebra se les envió una encuesta de satisfacción que se contestó en línea. Se recibieron 140 respuestas, con las cuales, se integró la tabla 3.

INSTRUMENTOS

El instrumento constó de una evaluación diagnóstica de matemáticas (la cual se puede solicitar a los correos de las autoras) de 42 reactivos, con temas aritméticos y algebraicos de la educación secundaria y preparatoria. Incluye operaciones aritméticas, leyes de exponentes, operaciones con monomios y polinomios, factorización, simplificación de fracciones algebraicas, ecuaciones lineales y cuadráticas, ecuaciones simultáneas, gráfica de una recta y desglose del impuesto sobre el valor agregado (IVA) de una cantidad.

La encuesta de satisfacción consta de 11 reactivos (tabla 3), los cuales se respondían en una escala Likert de 1-10, donde uno corresponde a totalmente en desacuerdo y el 10 a totalmente de acuerdo. Las preguntas versan sobre cómo les resulta a los alumnos el diseño, la retroalimentación y el acceso a la plataforma. El promedio de las respuestas de los alumnos a cada pregunta es la base para la interpretación.

Pre y postest

Se realizó el pretest en la primera semana de clases, sin previo aviso, sin calculadora y con tiempo suficiente para que cada alumno pudiera contestar los reactivos. Se les mencionó a los alumnos que el test no sería parte de la calificación de la materia, pero que era útil para conocer su nivel de matemáticas.

Se procedió a calcular la consistencia interna mediante el paquete estadístico SPSS versión 23, que calcula dicha consistencia interna con α

de Cronbach, aunque ésta sea una escala dicotómica (Campos-Arias y Oviedo, 2008).

El postest se aplicó en la décimo segunda semana de clases, después de que se revisaron todos los temas del test tanto en MathUP®, como en el aula, en las mismas condiciones que el pretest.

Para responder a la pregunta de investigación ¿qué relación existe entre la diferencia del pretest y postest con el número de ejercicios respondidos en MathUP® y la calificación del pretest?, se corrió una regresión lineal múltiple con los siguientes datos:

Variable dependiente: D , diferencia entre la calificación del pretest y el postest.

Variabes independientes: CP , calificación en el pretest, y NE , número de ejercicios respondidos en MathUP®.

Hipótesis

H_0 :

H_a : , para algún $i = 1, 2$

RESULTADOS

Se reporta el valor del α de Cronbach para medir la confiabilidad del instrumento de la aplicación del pretest a 384 alumnos. Para el pretest, el valor de $\alpha = 0.885$, lo cual indica una alta confiabilidad del examen que se aplicó como pretest y postest.

La tabla 1 ejemplifica la estadística descriptiva del rango de número de ejercicios realizados en MathUP® por los 307 alumnos que realizaron el pretest y el postest. De ellos, 165 contestaron menos de 500 ejercicios, mientras que 142 contestaron 500 ejercicios o más. Para la investigación se tomaron los valores individuales del número de ejercicios contestados por alumno, los cuales dependen de dos factores: la cantidad asignada por

su profesor y la cantidad que el alumno decidió contestar, que es menor o igual a la cantidad asignada.

Tabla 1. Número de alumnos que contestaron cada rango de ejercicios en MathUP®.

Rangos de número ejercicios respondidos por los alumnos	Número de alumnos
0-99	22
100-199	6
200-299	54
300-399	24
400-499	59
500-599	79
600-699	21
700-799	6
800-899	5
900-999	2
1000-1099	26
1100-1227	3
Total	307

FUENTE: Elaboración propia con datos de MathUP®.

La tabla 2 muestra los resultados de la regresión lineal múltiple con variable dependiente D y variables independientes CP y NE .

Tabla 2. Regresión lineal múltiple.

Modelo	Coeficientes		Sig.	95.0% intervalo de confianza para B	
	no estandarizados	t		Límite inferior	Límite superior
1 (Constante)	10.769	6.201	0.000	7.351	14.186
CP	-0.114	-2.541	0.012	-0.203	-0.026
NE	0.014	5.191	0.000	0.009	0.019

FUENTE: Elaboración propia en SPSS, versión 23.

De la tabla 2 se concluye que:

$$D = 10.769 - 0.114CP + 0.014NE$$

Se puede observar que la diferencia D es linealmente dependiente del número de ejercicios respondidos (NE) en MathUP® y de la calificación del pretest (CP).

Cabe mencionar que el coeficiente $\beta_2 = 0.014$ parece ser muy pequeño, pero, dado que el número de ejercicios resueltos por algunos alumnos fue de aproximadamente 1000, tal valor de coeficiente es razonable.

De acuerdo con el modelo matemático, a mayor número de ejercicios resueltos, mayor aumento en la diferencia entre pretest y postest. Por ejemplo, un alumno que responde mil ejercicios, podría aumentar la diferencia (D) en 14 puntos.

El efecto de la calificación en el pretest tiene un coeficiente ($\beta_1 = -0.114$) negativo, lo cual indica que, entre mayor era la calificación inicial, menor es el efecto sobre la diferencia D .

Para responder a la segunda pregunta de investigación ¿Qué características de MathUP® son evaluadas favorablemente por los alumnos de la Generación Net mediante una encuesta de satisfacción?, se presentan

en la tabla 3 los promedios que obtuvo cada pregunta en el cuestionario, así como la interpretación hacia las características de la Generación Net.

Tabla 3. Promedios e interpretación de los ítems del cuestionario de satisfacción.

Pregunta	Promedio	Interpretación
1. Mi experiencia al usar la plataforma fue agradable.	8.5	La <i>Net Gen</i> se siente cómoda usando las TIC y el diseño de MathUP®, en particular, les agradó.
2. Es fácil de usar (no requiere adiestramiento específico).	9.1	
3. El diseño de la plataforma es atractivo.	8.5	
4. El lenguaje usado en las explicaciones es comprensible.	8.4	Las retroalimentaciones, tanto de la causa del error, como del refuerzo de la respuesta correcta, fueron útiles por ser comprensibles, lo cual concuerda con los hallazgos neurocientíficos.
5. Leí con detenimiento las explicaciones de las posibles causas de mis errores.	8.1	Algunos alumnos no leyeron con detenimiento las respuestas, lo cual incide en que no hayan tenido una reflexión sobre sus errores y sus respectivas causas. Esto resulta congruente con la característica de la <i>Net Gen</i> : buscar esforzarse lo menos posible.
6. Los contraejemplos fueron útiles para aprender a distinguir en qué casos sí aplican las reglas que conozco.	8.5	La reflexión y los contraejemplos permiten al alumno reconstruir el conocimiento.
7. Reflexioné sobre mis errores lo suficiente para ser capaz de evitarlos en adelante.	8.5	
8. Me siento cómodo recibiendo retroalimentación sobre mis errores de un programa.	9.0	El promedio muestra que los alumnos prefieren no exponer sus deficiencias ante un profesor ni ante sus compañeros, sino recibir retroalimentación de un programa impersonal.

9. Recordé lo practicado en el programa al resolver los ejercicios en clase.	8.6	Las repeticiones, según la neurociencia, son esenciales para la comprensión de los contenidos.
10. El uso del programa me ayudó a identificar y corregir errores.	8.5	La retroalimentación inmediata es una estrategia adecuada para lograr la superación de errores, lo cual fue posible porque el programa le proporciona las opciones de error más comunes.
11. Cometer menos errores algebraicos me motivó para estudiar con más empeño la materia de álgebra, ya que nos proporciona las bases para otras materias.	8.5	Esto es congruente con lo mencionado por De la Torre (2004): el alumno tiene interés por conocer las causas de sus errores y corregirlos.

FUENTE: Elaboración propia con datos del cuestionario de opinión sobre MathUP®.

Discusión y conclusiones

Los objetivos propuestos se alcanzaron satisfactoriamente, pues los resultados sugieren que sí existe una relación positiva significativa entre el número de ejercicios contestados en MathUP® y la mejora del desempeño de los alumnos, medida por medio de la diferencia de calificaciones entre el pretest y el postest. El aumento de calificación entre el pretest y el postest se debe a una disminución en los errores cometidos, lo cual significa una subsanación de errores algebraicos.

La diferencia D (calificación del postest menos calificación del pretest) se relaciona linealmente con pendiente positiva ($\beta_2 = 0.014$) con el número de ejercicios contestados (NE) en MathUP® (tabla 2). Lo anterior concuerda con las premisas de la neurociencia: una retroalimentación inmediata sobre los errores y una práctica intensa incide en el aprendizaje. En este caso, a mayor número de ejercicios resueltos, mayor diferencia en el puntaje entre el pretest y postest.

A mayor calificación en el pretest, la diferencia (D) es menor (esto se refleja en el signo negativo de β_1 , -0.114), pues un alumno con una muy buena calificación en el pretest no podrá avanzar tanto como uno con menor calificación.

La *Net Gen* prefiere la tecnología para aprender, lo cual se refleja en sus comentarios sobre el uso del programa. En ocasiones se utilizó un lenguaje coloquial, que permitió a los alumnos una mejor comprensión de sus errores y la posibilidad de subsanarlos. Por otro lado, los alumnos opinan que MathUP® les permitió identificar sus errores y que la retroalimentación inmediata, proporcionada por el programa, y los contraejemplos propiciaron la reflexión de los errores cometidos.

Finalmente, los resultados sugieren que el uso de MathUP® mejora los aprendizajes, lo cual se ve reflejado en mayores valores de la diferencia D (tabla 2), así como que para los alumnos es un instrumento atractivo y útil para la corrección de errores, de acuerdo con los resultados del cuestionario de opinión (tabla 3).

Acorde con los resultados y debido a que a los alumnos de las nuevas generaciones les atrae el trabajo en la computadora en horarios flexibles y la corrección de sus errores sin verse expuestos ante el maestro y los compañeros, se ha pensado en los beneficios que puede tener el realizar un programa para la educación previa a la universidad, a nivel preparatoria, con estas características. Por ello, la Universidad sede de la presente investigación está apoyando la elaboración de SmarterUP.

Referencias

- Anderson, J. H. (2000). *Learning and Memory. An Integrated Approach*. Nueva York: John Wiley and Sons, Inc.
- Bransford, J. D., Brown, A. L. y Cocking, R. R. (ed.). (1999). *How People Learn. Brain, Mind, Experience and School*, Washington: National Academy Press.
- Brousseau, G., Davis, R. y Werner, T. (1986). Observing students at work. En B. Christiansen, G. Howson y M. Otte (eds.), *Perspectives on Mathematics Education*. Dordrecht: Reidel Publishing Comp.

- Campos-Arias, A. y Oviedo, H. C. (2008). Propiedades psicométricas de una escala: la consistencia interna. *Revista de Salud Pública*, 10 (5), 831-839. doi: 10.1590/S0124-00642008000500015
- Cervantes, G. C. y Martínez, R. S. (2013). Una alternativa para prevenir el error de linealización $[(x \pm y)]^n = x^n \pm y^n$. *Zona Próxima: Revista del Instituto de Estudios Superiores en Educación*, 18, 103-112.
- Del Puerto, S., Minnaard, C. y Seminara, S. (2004). Análisis de los errores: Una valiosa fuente de información acerca del aprendizaje de las matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38 (4), 1-13. doi: 10.35362/rie3842646
- De la Torre, S. (2004). *Aprender de los errores. El tratamiento didáctico de los errores, como estrategia de innovación*. Buenos Aires: Magisterio del Río de la Plata.
- Eccius-Wellmann, C. (2008). *Mathematikdidaktische Fehleranalysen zur Schullgebra: Schülerwissen und Lehrerverfessionswissen*, Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- Eccius-Wellmann, C. e Ibarra, K. (2012). *Temas y errores que han provocado baja en el desempeño matemático de los alumnos de primer ingreso a la universidad*. Premio FIMPES 2012. Recuperado de <http://www.fimpes.org.mx/index.php/premio-fimpes?showall=&start=2>
- Ertmer, P. A. y Newby, T. J. (2013). Behaviorism, cognitivism, constructivism: comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 26 (2), 43-71. doi: 10.1002/piq.21143
- Ferreiro, R. F. (2006). El reto de la educación del siglo XXI: la generación N. *Revista de Innovación Educativa*, 6 (5), 72-85.
- Fox, R. (2001). Constructivism examined. *Oxford Review of Education*, 27, 23-35. doi: 10.1080/03054980125310.
- Hansen, L. y Monk, M. (2002). Brain development, structuring of learning and science education: where are we now? *International Journal of Science Education*, 24, 343-356.
- Huertas, A. y Pantoja, A. (2016). Efectos de un programa educativo basado en el uso de las TIC sobre el rendimiento académico y la motivación del alumnado en la asignatura de tecnología de educación secundaria, *Educación XXI*, 19 (2), 229-250. doi: 10.5944/educXXI.14224
- Kimble, G. A. (2000). Behaviorism and unity in Psychology, *Current Directions in Psychological Science*, 9, 208-212. doi: 10.1111/1467-8721.00096.
- Lara-Barragán Gómez, A. (2012). *Hacia un modelo de enseñanza aprendizaje para la Net Gen en educación superior*. México: Universidad de Guadalajara

- ra, Universidad Panamericana. Recuperado de <http://congreso.dgire.unam.mx/2019/aprendizaje-Net-gen-educacion-superior.pdf>
- Malle, G. (1993). *Didaktische Probleme der elementaren Algebra*. Wiesbaden: Vieweg.
- Nolte, M. (1991). *Strukturmomente des Unterrichts und ihre Bedeutung für das Lernen*. Bad Salzdetfurth: Franzbecker
- Nicol, D., Thomson, A. y Breslin, C. (2014). Rethinking feedback practices in higher education: A peer review perspective. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 39 (1), 102–122. doi: 10.1080/02602938.2013.795518.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2002). Learning seen from a neuroscientific approach. *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*. Washington: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Recuperado de <http://www.oecd.org/education/ceri/31706603.pdf>
- Oblinger, D. G. y Oblinger, J. L. (eds.). (2005). *Educating the Net Generation*. Boston: Educause. Recuperado de www.educause.edu/educatingthenetgen/
- Padilla Lavín, M. A. (2008). Un acercamiento a la comprensión del reto universitario ante la Generación Net y su integración al mundo laboral en México. *Hospitalidad-ESDAI*, 14, 27-54.
- Pochulu, M. (2005). Análisis y categorización de errores en el aprendizaje de la matemática en alumnos que ingresan a la universidad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35 (4), 1-15.
- Radatz, H. (1979). Error analysis in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 10, 163-172. doi: 10.2307/748804
- Rico, L. (1995). Errores en el aprendizaje de la matemática. En J. Kilpatrick, P. Gómez y L. Rico (eds.), *Educación Matemática*. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 69-108.
- Riera, J., Ardid, M., Gómez-Tejedor, J.A., Vidaurre, A. y Meseguer-Dueñas, J. M. (2018). Students' perception of auto-scored online exams in blended assessment: feedback for improvement. *Educación XXI*, 21 (2), 79-103. doi: 10.5944/educXXI.19559
- Rosen, Y. y Tager, M. (2014). Making student thinking visible through a concept map in computer-based assessment of critical thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 50, 249-270. doi: 10.2190/EC.50.2.f.
- Tapscott, D. (1998). *Growing Up Digital: the Rise of the Net Generation*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Tietze, U. P., Klika, M. y Wolpers, H. (eds.) (2000). *Mathematikunterricht in der Sekundarstufe II*, tomo 1. Göttingen: Vieweg.